

PRA RANCANGAN PABRIK MINYAK JAGUNG (*CORN OIL*)
DENGAN METODE *WET RENDERING* KAPASITAS PRODUKSI
3.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DEWI KHUSNUL QHATIMAH
NADYA FILDZAH JUNIAR

431 20 003
431 20 008

PROGRAM STUDI S-1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

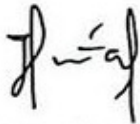
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) Dengan Metode *Wet Rendering* Kapasitas Produksi 3.000 Ton/Tahun** oleh Dewi Khusnul Qhatimah NIM 431 20 003 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 4 Oktober 2024

Meyetujui,

Dosen Pembimbing I



Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng.
NIP. 19760205 200604 2 001

Dosen Pembimbing II



HR Fajar, S.T., M.Eng.
NIP. 19740826 200112 1 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D-4 Teknologi Rekayasa Kimia -Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR S.T., M.Eng.
NIP. 19750409 2003 2 002

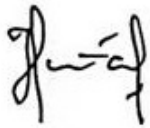
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) Dengan Metode *Wet Rendering* Kapasitas Produksi 3.000 Ton/Tahun** oleh Nadya Fildzah Juniar NIM 431 20 008 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 4 Oktober 2024

Meyetujui,

Dosen Pembimbing I



Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng.
NIP. 19760205 200604 2 001

Dosen Pembimbing II



HR Fajar, S.T., M.Eng.
NIP. 19740826 200112 1 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D-4 Teknologi Rekayasa Kimia -Berkelanjutan


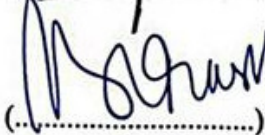
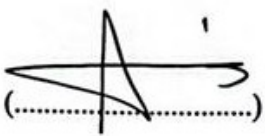
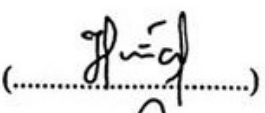
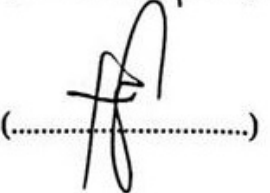


HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 4 Oktober 2024, Tim Penguji Seminar Hasil Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa: Dewi Khusnul Qhatimah NIM 431 20 003 dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) Dengan Metode Wet Rendering Kapasitas Produksi 3.000 Ton/Tahun.**

Makassar, 4 Oktober 2024

Tim Seminar Skripsi


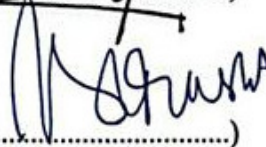

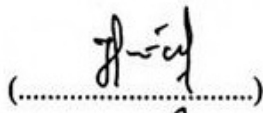
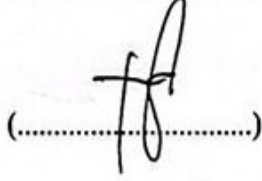
- | | | |
|---|------------|---|
| 1. Ir. Irwan Sofia, M.Si. | Ketua | () |
| 2. M. Badai, S.T., M.T. | Sekretaris | () |
| 3. A. Muh. Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T | Anggota | () |
| 4. Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng. | Anggota | () |
| 5. HR Fajar, S.T., M.Eng. | Anggota | () |

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 4 Oktober 2024, Tim Penguji Seminar Hasil Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa: Nadya Fildzah Juniar NIM 431 20 008 dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) Dengan Metode Wet Rendering Kapasitas Produksi 3.000 Ton/Tahun.**

Makassar, 4 Oktober 2024

Tim Seminar Skripsi

- | | | |
|---|------------|--|
| 1. Ir. Irwan Sofia, M.Si. | Ketua | (..... ) |
| 2. M. Badai, S.T., M.T. | Sekretaris | (..... ) |
| 3. A. Muh. Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T | Anggota | (..... ) |
| 4. Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng. | Anggota | (..... ) |
| 5. HR Fajar, S.T., M.Eng. | Anggota | (..... ) |

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga dalam kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Prarancangan Pabrik Minyak Jagung (Corn Oil) dengan Metode Wet Rendering Kapasitas Produksi 3000 Ton/Tahun”. Shalawat dan salam tak lupa kita kirimkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW.

Penulisan skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Prodi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penyusunan skripsi, penulis banyak memperoleh dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, baik dalam proses penyelesaian skripsi penulis secara langsung maupun tidak langsung. Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu hingga rampungnya penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada.

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang,
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
3. Ibu Yuliani HR., S.T., M.Eng selaku Ketua Program studi D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan.
4. Ibu Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I dan Bapak HR Fajar, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar dan ikhlas memberikan bimbingan dan arahan dalam menyusun laporan tugas akhir.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada keluarga tercinta yaitu ayahanda Drs. Hairuddin Limpo dan ibunda Surianti SE., MM serta sanak keluarga yang senantiasa memberikan dorongan dan dukungan baik moral maupun spiritual.

Ucapan terima kasih dan puji syukur senantiasa dipanjatkan atas dukungan keluarga terkasih ibu Ihani, S.T. dan bapak M. Idris, S.E, adinda ku Dwi, Arif, dan Aisyah serta teman-teman yang berjasa dalam hidup penulis.

Dalam hal ini penulis telah berusaha menyelesaikan skripsi ini, walaupun demikian penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Akhir kata, semoga apa yang penulis tuangkan dalam laporan ini dapat berguna bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa, maupun bagi siapa saja yang membacanya, amin.

Wabillahi Taufiq Walhidayah,

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, Oktober 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iv
HALAMAN PENERIMAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
SURAT PERNYATAAN.....	xvii
SURAT PERNYATAAN.....	xviii
RINGKASAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	3
1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.2.2 Pabrik Komersial yang Telah Beroperasi.....	4
1.2.3 Perhitungan Kebutuhan Minyak Jagung (<i>Corn Oil</i>) di Indonesia.....	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	8

1.3.1	Faktor-Faktor Penentuan Lokasi	8
1.3.2	Analisis SWOT	11
1.3.3	Lokasi Pabrik	13
1.4	Tinjauan Pustaka	15
1.4.1	Bahan Baku	15
1.4.2	Bahan Pendukung	16
1.4.3	Pemilihan Proses	21
BAB II DESKRIPSI PROSES		33
2.1	Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	33
2.1.1	Bahan Baku	33
2.1.2	Produk	35
2.2	Konsep Proses	39
2.2.1	Konsep Proses Pengolahan	39
2.2.2	Tinjauan Termodinamika	40
2.3	Langkah Proses	46
2.3.1	Persiapan Bahan Baku	46
2.3.2	Proses Pengambilan Minyak dalam Biji Jagung	47
2.3.3	Proses Pemurnian Minyak	47
BAB III NERACA MASSA		51
3.1	Tangki Perebusan (T-101)	53
3.2	<i>Screw Press</i> (SP-101)	54
3.3	<i>Centrifuge</i> (C-101)	55
3.4	Tangki <i>Bleaching Earth</i> (T-102)	56
3.5	<i>Leaf Filter Press</i> (LFP-101)	58
3.6	Tangki Akumulator (T-103)	59
3.7	Tangki Larutan NaOH (T-104)	61
3.8	Reaktor Netralisasi (R-108)	61
3.9	<i>Decanter</i> (DC-101)	64
3.10	<i>Cooler</i> (CO-101)	66

BAB IV NERACA PANAS	68
4.1 Tangki Perebusan (T-101)	69
4.2 <i>Screw Press</i> (SP-102)	70
4.3 <i>Centrifuge</i> (CE-101)	71
4.4 Tangki <i>Bleaching Earth</i> (T-102)	73
4.5 <i>Leaf Filter Press</i> (LFP-101)	74
4.6 Tangki Akumulator (T-103)	75
4.7 Tangki Larutan NaOH (T-104)	76
4.8 Reaktor Netralisasi (R-101)	77
4.9 <i>Decanter</i> (DC-101)	78
4.10 <i>Cooler</i> (CO-101)	80
BAB V SPESIFIKASI ALAT	81
5.1 Gudang Bahan Baku	81
5.2 Tangki Perebusan	82
5.3 <i>Screw Press</i>	83
5.4 <i>Centrifuge</i>	83
5.5 Gudang Penyimpanan <i>Bleaching Earth</i>	84
5.6 Tangki <i>Bleaching Earth</i>	84
5.7 <i>Leaf Filter Press</i>	86
5.8 Tangki Akumulator	86
5.9 Tangki Larutan NaOH	87
5.10 Reaktor Netralisasi	88
5.11 <i>Decanter</i>	90
5.12 <i>Cooler</i>	90
5.13 Tangki Penyimpanan Produk	91
5.14 <i>Screw Conveyor</i>	92
5.15 Pompa	92
BAB VI UTILITAS	94
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	134

7.1	Intrumentasi	134
7.2	Keselamatan Kerja	138
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI & MANAJEMEN PERUSAHAAN		141
8.1	Bentuk Perusahaan	141
8.2	Struktur Organisasi	142
8.3	Tugas dan Wewenang	144
8.4	Jadwal Kerja Karyawan	147
BAB IX LAY OUT/TATA LETAK PABRIK		154
BAB X ANALISA EKONOMI		163
10.1	Modal Investasi	163
10.1.1	Modal Investasi Tetap (MIT)/ <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	164
10.1.2	Modal Kerja/ <i>Working Capital</i> (WC)	165
10.1.3	Biaya Produksi Total (BPT)/ <i>Total Cost</i> (TC)	167
10.1.4	Biaya Tetap/ <i>Fixed Cost</i> (FC)	167
10.1.5	Biaya Variabel/ <i>Variable Cost</i> (VC)	167
10.2	Perkiraan Rugi/Laba Usaha	168
10.3	Analisa Aspek Ekonomi	168
10.3.1	<i>Profit Margin</i> (PM)	168
10.3.2	<i>Break Even Point</i> (BEP)	169
10.3.3	<i>Pay Out Time</i> (POT)	170
10.3.4	<i>Return on Investment</i> (ROI)	170
10.3.5	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	170
10.3.6	<i>Shut Down Point</i> (SDP)	171
BAB XI PENUTUP		172
DAFTAR PUSTAKA		172
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA		A-1
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI		B-50
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT		C-115

LAMPIRAN D UTILITAS	D-222
LAMPIRAN E ANALISIS EKONOMI	E-335

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1.1 Presentase Produksi Jagung Di Kabupaten Jeneponto	8
Gambar 1.2 Jarak Tiap Kecamatan Di Jeneponto Menuju Ibukota	9
Gambar 1.3 Lokasi Pabrik Minyak Jagung di Kabupaten Jeneponto	13
Gambar 1.4 Skema Proses Memperoleh Minyak dengan Pengepresan	22
Gambar 1.5 Diagram Proses Minyak Jagung Metode Pengepresan Mekanik	24
Gambar 1.6 Diagram Proses Minyak Jagung Metode Ekstraksi Pelarut	25
Gambar 1.7 Diagram Proses Pembuatan Minyak Jagung Metode <i>Rendering</i>	28
Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Minyak Jagung (<i>Corn Oil</i>) dengan Metode <i>Wet Rendering</i>	39
Gambar 3. 1 Neraca Massa Tangki Perebusan (T-101)	53
Gambar 3. 2 Neraca Massa <i>Screw Press</i> (SP-101)	54
Gambar 3. 3 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CE-101)	54
Gambar 3. 4 Neraca Massa <i>Bleaching Earth</i> (T-102)	56
Gambar 3. 5 Neraca Massa <i>Leaf Filter Press</i> (LFP-101)	58
Gambar 3. 6 Neraca Massa Tangki Akumulator (T-103)	59
Gambar 3. 7 Neraca Massa Tangki Larutan NaOH (T-104)	61
Gambar 3. 8 Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-101)	62
Gambar 3. 9 Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-101)	64

Gambar 3. 10 Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-101)	66
Gambar 3. 11 Neraca Massa Tangki Penyimpanan Minyak (T-105)	67
Gambar 4. 1 Neraca Energi Tangki Perebusan (T-101)	69
Gambar 4. 2 Neraca Energi <i>Screw Press</i> (SP-101)	70
Gambar 4. 3 Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CE-101)	71
Gambar 4. 4 Neraca Energi Tangki <i>Bleaching Earth</i> (T-102)	71
Gambar 4. 5 Neraca Energi <i>Leaf Filter Press</i> (LFP-101)	74
Gambar 4. 6 Neraca Energi Tangki Akumulator (T-103)	75
Gambar 4. 7 Neraca Energi Tangki Larutan NaOH (T-104)	76
Gambar 4. 8 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-101)	77
Gambar 4. 9 Neraca Energi <i>Decanter</i> (DC-101)	78
Gambar 4. 10 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-101)	80
Gambar 8. 1 Struktur dan Organisasi	144
Gambar 9. 1 Layout Pabrik	157
Gambar 9. 2 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)	162

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1.1 Data Provinsi dengan Produksi Jagung Terbesar di Indonesia 2023.....	2
Tabel 1.2 Jumlah Produksi Jagung di Indonesia Tahun 2020-2023	3
Tabel 1.3 Produksi Jagung di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2020-2023	4
Tabel 1.4 Kapasitas Pabrik Minyak Jagung yang Beroperasi di Indonesia.....	4
Tabel 1.5 Data Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor Minyak Jagung di Indonesia Pada Tahun 2019-2023.	5
Tabel 1.6 Pertumbuhan Produksi & Konsumsi Minyak Jagung di Indonesia.....	6
Tabel 1.7 Pertumbuhan Ekspor dan Impor Minyak Jagung di Indonesia.....	6
Tabel 1.8 Penduduk Berumur 15 Tahun ke Atas Menurut Pendidikan Tetinggi yang Ditamatkan dan Jenis Kegiatannya di Kabupaten Jeneponto	10
Tabel 1.9 Komposisi Dalam Jagung	16
Tabel 1.10 Kandungan yang Terdapat pada Minyak Jagung	18
Tabel 1.11 Syarat Mutu Minyak Jagung Berdasarkan SNI 01-3394-1998	19
Tabel 1.12 Perbandingan Metode <i>Wet Rendering</i> dan <i>Dry Rendering</i>	30
Tabel 1.13 Perbandingan Proses Pengambilan Minyak Berdasarkan Parameter	31
Tabel 2.1 Syarat Khusus Mutu Jagung Berdasarkan SNI 01-3920-1995	33
Tabel 2.2 Entalpi Pembentukan Standar dalam Reaksi Hidrolisis	41
Tabel 2.3 Energi Gibbs Komponen-Komponen dalam Reaksi Hidrolisis	42
Tabel 2.4 Entalpi Pembentukan Standar dalam Reaksi Netralisasi	44
Tabel 2.5 Energi Gibbs Komponen-Komponen dalam Reaksi Netralisasi	45
Tabel 3. 1 Komposisi Biji Jagung	52

Tabel 3. 2 Komposisi Minyak Jagung	52
Tabel 3. 3 Neraca Massa Tangki Perebusan (T-101)	53
Tabel 3. 4 Neraca Massa <i>Screw Press</i> (SP-101)	54
Tabel 3. 5 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CE-101)	55
Tabel 3. 6 Neraca Massa Tangki <i>Bleaching Earth</i> (T-102)	57
Tabel 3. 7 Neraca Massa <i>Leaf Filter Press</i> (LFP-101)	58
Tabel 3. 8 Tangki Akumulator (T-103)	60
Tabel 3. 9 Neraca Massa Tangki Larutan NaOH (T-104)	61
Tabel 3. 10 Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-101)	62
Tabel 3. 11 Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-101)	64
Tabel 3. 12 Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-101)	66
Tabel 3. 13 Neraca Massa Tangki Penyimpanan Minyak (T-105)	67
Tabel 4. 1 Neraca Energi Tangki Perebusan (T-101)	69
Tabel 4. 2 Neraca Energi <i>Screw Press</i> (SP-101)	70
Tabel 4. 3 Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CE-101)	72
Tabel 4. 4 Neraca Energi Tangki <i>Bleaching Earth</i> (T-102)	73
Tabel 4. 5 Neraca Energi <i>Leaf Filter Press</i> (LFP-101)	74
Tabel 4. 6 Neraca Energi Tangki Akumulator (T-103)	75
Tabel 4. 7 Neraca Energi Tangki Larutan NaOH (T-104)	76
Tabel 4. 8 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-101)	77
Tabel 4. 9 Neraca Energi <i>Decanter</i> (DC-101)	79
Tabel 4. 10 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-101)	80
Tabel 5. 1 Spesifikasi alat Screw Conveyor 1-3	92

Tabel 5. 2 Spesifikasi alat Pompa 1-8	93
Tabel 6. 1 Data kebutuhan air	94
Tabel 6. 2 Data kebutuhan air proses	95
Tabel 6. 3 Data kebutuhan air untuk <i>steam</i>	95
Tabel 6. 4 Data kebutuhan air pendingin	96
Tabel 6. 5 Data kebutuhan air sungai	96
Tabel 6. 6 Parameter kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah	97
Tabel 6. 7 Data kebutuhan listrik pada peralatan proses	104
Tabel 6. 8 Data kebutuhan listrik pada peralatan utilitas	105
Tabel 6. 9 Data kebutuhan listrik untuk penerangan	107
Tabel 7. 1 Alat-Alat Keselamatan Kerja	140
Tabel 8. 1 Jadwal Kerja Karyawan & Penggajian	148
Tabel 8. 2 Gaji Karyawan	150
Tabel 8. 3 Karyawan Proses	152
Tabel 8. 4 Karyawan Utilitas	152
Tabel 9. 1 Tata Letak Pabrik	158

DAFTAR GRAFIK

	Hal.
Grafik 10. 1 Kurva <i>Break Event Point</i> (BEP)	169



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dewi Khusnul Qhatimah

NIM : 43120003

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) dengan Metode *Wet Rendering* Kapasitas Produksi 3.000 Ton/Tahun merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 4 Oktober 2024



Dewi Khusnul Qhatimah
NIM : 43120003

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nadya Fildzah Juniar

NIM : 43120008

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) dengan Metode *Wet Rendering* Kapasitas Produksi 3.000 Ton/Tahun merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 4 Oktober 2024



Nadya Fildzah Juniar
NIM : 43120008

**PRA RANCANGAN PABRIK MINYAK JAGUNG (*CORN OIL*) DENGAN
METODE *WET RENDERING* KAPASITAS PRODUKSI 3.000
TON/TAHUN**

RINGKASAN

Pabrik minyak jagung (*corn oil*) ini akan didirikan di Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan dengan pertimbangan untuk mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, serta ketersediaan air dan Listrik

Pabrik direncanakan memproduksi minyak jagung sebanyak 3.000 ton/tahun yang didasarkan pada ketersediaan bahan baku dan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun. Bahan baku yang digunakan sebanyak 8.025,998 Kg/Jam biji jagung.

Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 118 karyawan. Dari analisis ekonomi yang diperoleh: *Fixed Capital Investment* (FCI) = Rp 128.305.463.176,048, *Working Capital Investment* (WCI) = Rp 22.642.140.560,479, *Total Capital Investment* (TCI) = Rp 150.947.603.736,527, *Pay Out Time* (POT) = 4,35 tahun, *Break Event Point* (BEP) = 48,87%, *Internal Rate of Return* (IRR) = 23,05%. Mempertimbangkan hasil analisis tersebut, pendirian pabrik minyak jagung ini layak untuk dikaji lebih lanjut karena pabrik minyak jagung (*corn oil*) ini menguntungkan.

Kata kunci : *Corn oil, wet rendering, maize, CCO.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Jagung merupakan salah satu komoditas pangan utama setelah padi yang memiliki peranan strategis dalam pengembangan pembangunan pertanian dan perekonomian di Indonesia (Thursina, AR & Bilqis, N, 2019). Berdasarkan data sementara Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung pipilan dengan kadar air 14% pada 2023 tercatat sebanyak 14,46 juta ton dan diperkirakan akan mengalami surplus sekitar 600 ribu ton lebih banyak di tahun 2024.

Tingginya produksi jagung tidak terlepas dari banyaknya manfaat yang terkandung dalam jagung. Menurut Ferdinantara & Hidayat (2023), setiap bagian dari jagung dapat diolah menjadi produk yang unggul termasuk tongkol jagung sebagai briket, biji jagung sebagai tepung maizena dan yang paling utama adalah biji jagung dapat diolah menjadi minyak jagung.

Minyak jagung merupakan minyak yang kaya akan asam lemak tidak jenuh, yaitu asam linoleat dan linolenat. Kedua asam lemak tersebut dapat menurunkan kolesterol darah. Minyak jagung juga kaya akan tokoferol (Vitamin E) yang berfungsi untuk fungsi stabilitas terhadap ketengikan. Oleh karena itu, dengan adanya pabrik minyak jagung di Indonesia, akan memungkinkan untuk memproduksi minyak jagung dalam skala besar dan memanfaatkannya sebagai bahan non-pangan seperti obat-obatan, termasuk untuk pencegahan penyakit jantung koroner. Selain itu, Indonesia memiliki

pasokan biji jagung yang melimpah sebagai bahan baku, karena jagung merupakan salah satu komoditas utama dalam sektor pertanian di Indonesia. Tabel 1.1 menggambarkan lima daerah provinsi di Indonesia yang memiliki komoditas jagung terbesar. Data-data ini sangat penting untuk memahami kontribusi masing-masing wilayah terhadap produksi jagung secara nasional.

Tabel 1.1 Data Provinsi dengan Produksi Jagung Terbesar di Indonesia 2023

Provinsi	Produksi (Ton)
Jawa Tengah	2.259.593,87
Sumatera Utara	1.314.467,47
Nusa Tenggara Barat	1.249.261,84
Lampung	1.103.357,14
Sulawesi Selatan	1.004.274,67

Sumber: Badan Pusat Statistik (2023)

Tabel 1.1 menunjukkan lima provinsi di Indonesia yang memiliki produksi jagung terbesar dan Sulawesi Selatan menduduki peringkat kelima dengan produksi jagung mencapai 1.004.274,67 ton. Provinsi ini memiliki potensi pertanian yang besar, terutama di daerah Jeneponto yang merupakan produsen jagung terbesar di Sulawesi Selatan.

Pendirian pabrik minyak jagung di Sulawesi Selatan, khususnya di Jeneponto dipilih dengan pertimbangan yang matang. Selain karena Sulawesi Selatan memiliki produksi jagung yang signifikan, faktor-faktor lain seperti aksesibilitas, infrastruktur transportasi, dan potensi pengembangan ekonomi lokal turut menjadi pertimbangan. Jeneponto dipilih karena merupakan daerah dengan produksi jagung terbesar di Sulawesi Selatan, yang menandakan ketersediaan bahan baku yang cukup untuk

pabrik minyak jagung tersebut. Selain itu, lokasi di Jeneponto juga strategis karena terhubung dengan jaringan transportasi yang baik, seperti jalan raya dan merupakan daerah pesisir sehingga memudahkan dalam distribusi bahan baku dan produk jadi ke pasar-pasar lokal maupun ekspor.

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Jagung merupakan bahan baku utama dalam memproduksi minyak jagung (*corn oil*). Ketersediaan bahan baku menjadi salah satu prioritas utama dalam menentukan kapasitas pabrik yang dirancang. Berikut ini data ketersediaan bahan baku jagung secara nasional pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Jumlah Produksi Jagung di Indonesia Tahun 2020-2023

Tahun Produksi	Produksi Jagung (Ton/Tahun)
2020	14.460.601,32
2021	16.527.272,61
2022	13.414.921,72
2023	12.928.940,80

Sumber: Badan Pusat Statistik (2023)

Lokasi pabrik yang dirancang rencananya akan dibangun di Provinsi Sulawesi Selatan, sebab ketersediaan bahan baku jagung di Sulawesi Selatan cukup melimpah sebagaimana data statistik pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Produksi Jagung di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2020-2023

Tahun Produksi	Produksi Jagung (Ton/Tahun)
2020	1.086.933,12
2021	1.033.341,18
2022	1.152.062,70
2023	1.004.274,67

Sumber: Badan Pusat Statistik (2023)

1.2.2 Pabrik Komersial yang Telah Beroperasi

Daftar perusahaan/pabrik minyak jagung yang sudah beroperasi di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Kapasitas Pabrik Minyak Jagung di Indonesia yang Telah Beroperasi

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Inti Boga Sejahtera	5.385,8
PT Sari Mas Permai	2.933,0

Sumber : Thursina, AR & Bilqis, N, (2019)

1.2.3 Perhitungan Kebutuhan Minyak Jagung (*Corn Oil*) di Indonesia

Penentuan kapasitas produksi didapat dari data pendukung seperti data pertumbuhan produksi, konsumsi, ekspor dan impor suatu produk. Kapasitas produksi pabrik minyak jagung yang direncanakan beroperasi pada tahun 2027 dapat dihitung dengan metode pertumbuhan rata-rata per tahun dengan rumus berikut.

$$i = \frac{\sum \%P}{n} \dots\dots\dots (3)$$

$$m = P(1 + i)^a \dots\dots\dots (4)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

i = Pertumbuhan rata-rata per tahun

%P = Persen pertumbuhan per tahun

n = Jumlah data

m = Prediksi data tahun yang dicari

P = Data tahun terakhir

a = Selisih tahun terakhir dan tahun yang dicari

m₃ = Peluang kapasitas

m₁ = Prediksi data produksi

m₂ = Prediksi data impor

m₄ = Prediksi data konsumsi

m₅ = Prediksi data ekspor

Tabel 1.5 Data Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor Minyak Jagung di Indonesia Pada Tahun 2019-2023.

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)			
	Produksi	Konsumsi	Ekspor	Impor
2019	6.807,54	17.304,04	8,306244	4.773,182
2020	7.149,20	18.303,20	11,23512	4.757,696
2021	7.490,86	19.302,36	55,62550	6.150,862
2022	7.832,52	20.301,52	27,43500	5.843,456
2023	8.174,18	21.300,68	20,37696	2.672,940

Sumber: Badan Pusat Statistik (2024)

Tabel 1.6 Pertumbuhan Produksi dan Konsumsi Minyak Jagung di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)		Persen pertumbuhan/Tahun (%P)	
	Produksi	Konsumsi	Produksi	Konsumsi
2019	6.807,54	17.304,04	-	-
2020	7.149,20	18.303,20	0,05019	0,05774
2021	7.490,86	19.302,36	0,04779	0,05459
2022	7.832,52	20.301,52	0,04561	0,05176
2023	8.174,18	21.300,68	0,04362	0,04922
	$\Sigma\%P$		0,18721	0,21331
	%i		0,04680	0,05333

Tabel 1.7 Pertumbuhan Ekspor dan Impor Minyak Jagung di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)		%P (Persen pertumbuhan /tahun)	
	Ekspor	Impor	Ekspor	Impor
2019	8,306244	4.773,182	-	-
2020	11,23512	4.757,696	0.35261	-0,00324
2021	55,62550	6.150,862	3.95104	0,29282
2022	27,43500	5.843,456	-0.50679	-0,04998
2023	20,37696	2.672,940	-0.25726	-0,54258
	$\Sigma\%P$		3,53959	-0,30297
	%i		0,88490	-0,07574

Nilai prediksi data produksi, impor, konsumsi dan ekspor pada tahun 2027 dapat dicari dari data pertumbuhan rata-rata per tahun menggunakan persamaan (4).

$$\begin{aligned}
 m_1 &= P_1 (1 + i_1)^a \\
 &= 8.174,18 (1 - 0,000468)^4 \\
 &= 8.189,4936 \text{ Ton/Tahun} \\
 m_2 &= P_2 (1 + i_2)^a \\
 &= 2.672,94 (1 - (-0,000757))^4 \\
 &= 2.664,8509 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_4 &= P_4(1 + i_4)^a \\
 &= 21.300,68 (1 - 0,000533)^4 \\
 &= 21.346,1529 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_5 &= P_5(1 + i_5)^a \\
 &= 20,37696 (1 - 0,008849)^4 \\
 &= 21,1079 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Sehingga peluang kapasitas produksi tahun 2027 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\
 &= (21.346,1529 + 21,1079) - (8.189,4936 + 2.664,8509) \\
 &= 10.512,916 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Pada tahun 2023 presentase produksi minyak jagung di Indonesia adalah 1,37%, potensi produksi minyak jagung di Sulawesi Selatan sebesar 13.758,562 Ton. Sehingga kapasitas pabrik minyak jagung yang akan didirikan diambil 30% dari peluang yakni:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas perancangan pabrik} &= 30\% \times 10.512,916 \text{ Ton/Tahun} \\
 &= 3.153,875 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

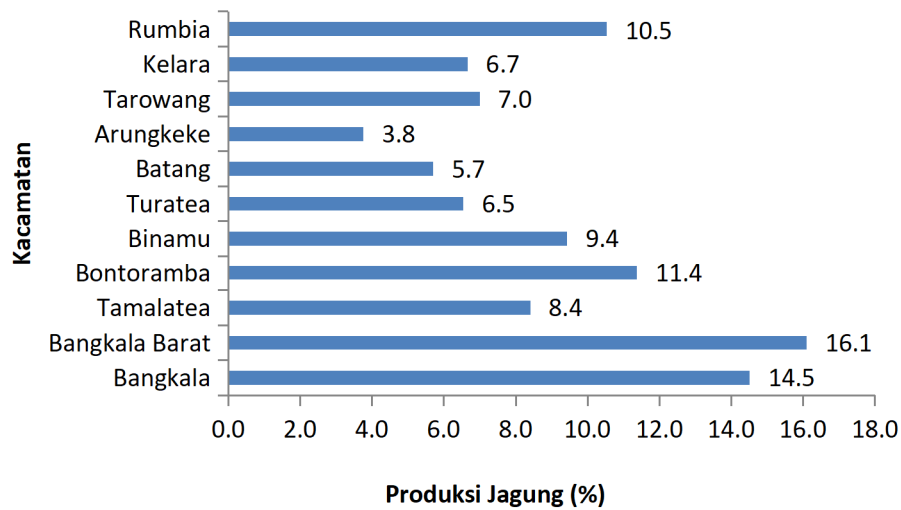
Dari data dan hasil perhitungan pra rancangan pabrik minyak jagung (*corn oil*) akan dibangun dengan kapasitas sebesar 3.000 Ton/Tahun, sesuai data pada tabel kapasitas tersebut telah memenuhi kapasitas ekonomi.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

1.3.1 Faktor-Faktor Penentuan Lokasi

1. Asal Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada pabrik pengolahan minyak jagung berasal jagung yang diperoleh di wilayah Jeneponto, Sulawesi Selatan.

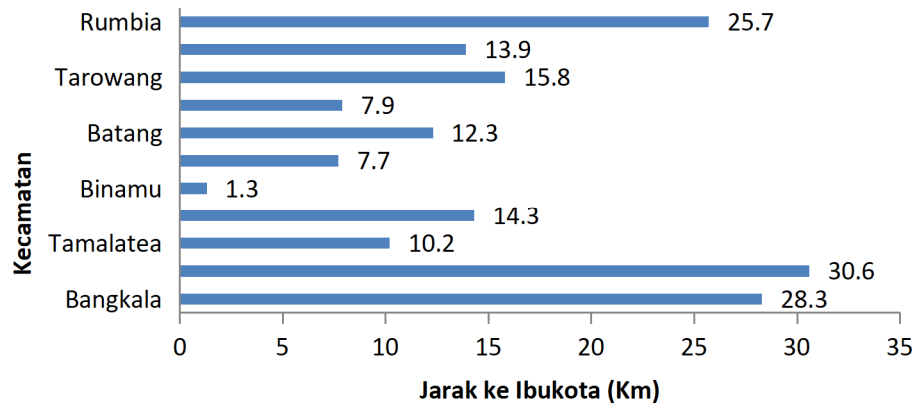


Gambar 1.1 Presentase Produksi Jagung Di Kabupaten Jeneponto
Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Jeneponto (2023)

Berdasarkan data diatas, Kecamatan Binamu memproduksi sebesar 29.827,77 Ton jagung, sehingga Kecamatan Binamu memiliki potensi ketersediaan bahan baku sebesar 45,76%.

2. Sistem Transportasi

Infrastruktur transportasi di Sulawesi Selatan sudah memadai. Proses pengadaan bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan secara darat maupun laut. Untuk mempermudah akses produksi dan distribusi minyak jagung, maka diperlukan tempat yang dekat dengan ibukota.



Gambar 1.2 Jarak Tiap Kecamatan Di Jeneponto Menuju Ibukota

Sumber: Sumber: BPS Jeneponto (2024)

Berdasarkan diagram, Kecamatan Binamu memiliki jarak terpendek menuju ibukota yakni 1,3 km, sehingga Kecamatan Binamu dapat diakses dengan cepat dan mudah.

3. Tenaga Kerja

Dalam operasionalnya, pabrik membutuhkan dua jenis tenaga kerja, yaitu tenaga kerja terampil dan non-terampil. Tenaga kerja non-terampil direkrut dari komunitas sekitar pabrik untuk memberikan peluang kerja kepada penduduk setempat. Sedangkan, tenaga kerja terampil direkrut dari lulusan sekolah menengah yang memiliki keahlian khusus, serta dari lulusan perguruan tinggi. Berikut data mengenai tingkatan pendidikan, jumlah bekerja dan pengangguran serta jumlah angkatan kerjanya.

Tabel 1. 8 Penduduk Berumur 15 Tahun ke Atas Menurut Pendidikan Tetinggi yang Ditamatkan dan Jenis Keegiatannya di Kabupaten Jeneponto Tahun 2023

Pendidikan	Bekerja	Pengangguran	Angkatan Kerja
SD	109.104	779,0	109.883
SMP	29.961	262,0	30.223
SMA	49.077	3.232	52.309
Diploma/Sarjana	17.856	217,0	18.073
Total	205.998	4.490	210.488

Sumber: BPS Jeneponto, (2024)

Berdasarkan Tabel 1.8, Kabupaten Jeneponto memiliki penduduk dengan tingkatan pendidikan yang beragam serta masih memiliki jumlah pengangguran yang cukup tinggi. Pembangunan pabrik di lokasi ini, membuka lapangan pekerjaan bagi penduduk lokal untuk mengurangi angka pengangguran di wilayah tersebut.

4. Utilitas

Utilitas untuk kebutuhan industri adalah air dan listrik. Air digunakan untuk kebutuhan air proses selama proses produksi. Sumber air di Kecamatan Binamu dapat diperoleh dari Sungai Kelara dan Pantai Tamarunang, kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLTU Jeneponto & PLTU Punagaya, serta terdapat Pelabuhan Bungeng sebagai pendukung akses distribusi jalur laut. Utilitas-utilitas tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.3.

1.3.2 Analisis SWOT

Pemilihan lokasi pabrik juga dipertimbangkan melalui analisis SWOT. Analisis SWOT bertujuan untuk mengetahui kelebihan, kekurangan, peluang serta ancaman dari lokasi pabrik yang akan dibangun. Analisis SWOT untuk lokasi pabrik minyak jagung di Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto yaitu :

1) *Strengths* (Kekuatan) :

1. Lokasi strategis dekat dengan sungai memungkinkan akses mudah untuk pengiriman bahan baku dan distribusi produk jadi.
2. Ketersediaan transportasi yang aman memungkinkan operasional pabrik berjalan lancar tanpa gangguan logistik yang signifikan.
3. Ketersediaan tenaga kerja yang banyak dapat memastikan adanya pasokan pekerja yang handal dan berpengalaman untuk memenuhi kebutuhan operasional pabrik.
4. Ketersediaan bahan baku yang melimpah di Jeneponto akan mengurangi biaya transportasi dan memperkuat rantai pasok pabrik.
5. Jarak lokasi dengan pusat ibukota cukup dekat, sehingga memudahkan akses pendistribusian produk ke masyarakat

2) *Weaknesses* (Kelemahan):

1. Ketergantungan pada lokasi dekat sungai dapat menjadi masalah jika terjadi banjir atau kerusakan infrastruktur sungai yang mengganggu akses transportasi.

2. Terlalu banyaknya ketergantungan pada transportasi darat yang aman dapat menyebabkan keterlambatan atau masalah jika terjadi gangguan atau kerusakan jaringan transportasi tersebut.

3) *Opportunities* (Peluang):

1. Potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan mengoptimalkan akses sungai dan transportasi darat yang aman.
2. Kemungkinan untuk memperluas pasar dengan memanfaatkan lokasi strategis dan ketersediaan bahan baku yang melimpah untuk menjangkau pasar regional atau internasional.
3. Peluang untuk berkolaborasi dengan pemerintah setempat dalam program pengembangan infrastruktur transportasi untuk meningkatkan aksesibilitas dan keamanan.

4) *Threats* (Ancaman):

1. Ancaman dari bencana alam seperti banjir atau kerusakan infrastruktur sungai yang dapat mengganggu operasional pabrik dan distribusi produk.
2. Potensi persaingan dengan pabrik-pabrik sejenis di wilayah lain yang memiliki akses transportasi dan ketersediaan bahan baku yang cukup.
3. Ancaman terhadap stabilitas politik atau perubahan kebijakan pemerintah yang dapat mempengaruhi operasional pabrik dan rantai pasok.

1.3.3 Lokasi Pabrik

Berdasarkan faktor-faktor penentuan lokasi dan analisis SWOT yang telah dilakukan, maka dipilihlah Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto sebagai lokasi rancangan pabrik yang strategis. Lokasi ini memiliki luas 3,5 hektar disesuaikan dengan luas wilayah beberapa industri minyak jagung Indonesia.



Gambar 1.3 Lokasi Pabrik Pengolahan Minyak Jagung di Kabupaten Jeneponto

Adapun koordinat lokasi dari pabrik minyak jagung (*corn oil*), utilitas, serta lokasi-lokasi pendukung letak lokasi pabrik yang dirancang sebagai berikut:

a) Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*)

Garis lintang = $5^{\circ}41'40.21''\text{S}$
Garis bujur = $119^{\circ}44'12.46''\text{E}$

b) PLTU Jeneponto

Garis lintang = $5^{\circ}37'10.31''\text{S}$
Garis bujur = $119^{\circ}33'3.21''\text{E}$
Jarak ke lokasi pabrik = 22,20 Km

c) PLTU Punagaya

Garis lintang = $5^{\circ}37'26.90''\text{S}$
Garis bujur = $119^{\circ}32'59.08''\text{E}$
Jarak ke lokasi pabrik = 22,13 Km

d) Sungai Kelara

Garis lintang = $5^{\circ}41'36.19''\text{S}$
Garis bujur = $119^{\circ}44'21.48''\text{E}$
Jarak ke lokasi pabrik = 0,31 Km

e) Pantai Tamarunang

Garis lintang = $5^{\circ}42'10.52''\text{S}$
Garis bujur = $119^{\circ}43'37.30''\text{E}$
Jarak ke lokasi pabrik = 0,88 Km

f) Pelabuhan Bungeng

Garis lintang = $5^{\circ}38'8.83''\text{S}$
Garis bujur = $119^{\circ}51'7.69''\text{E}$
Jarak ke lokasi pabrik = 14,33 Km

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Bahan Baku

1. Jagung

Jagung secara ilmiah dikenal dengan nama *Zea mays* dan termasuk ke dalam keluarga tumbuhan *Poaceae* (rumput-rumputan). Jagung adalah tumbuhan semusim yang memiliki batang beruas, daun berbentuk pita, dan bunga yang terpisah jenis kelaminnya (berumah tunggal). (Adnan et al, 2020)

Secara genetis, jagung memiliki genom kompleks dan telah menjadi subjek utama dalam penelitian genetika tanaman karena memiliki beragam variasi genetik. Hal ini membuat jagung menjadi salah satu tanaman sereal yang paling penting secara global, baik sebagai bahan pangan langsung maupun sebagai bahan baku untuk berbagai produk olahan.

Jagung merupakan tumbuhan yang kaya akan komponen pangan fungsional, termasuk serat pangan yang dibutuhkan tubuh, asam lemak esensial, isoflavon, mineral (Ca, Mg, K, Na, P, Ca dan Fe), antosianin, betakaroten (provitamin A), komposisi asam amino esensial, dan lainnya (Suarni & Yasin, 2021). Berdasarkan kandungan tersebut, terdapat bagian jagung yang paling banyak memiliki manfaat yaitu biji jagung.

Biji jagung merupakan bagian utama dari tanaman jagung yang memiliki kandungan nutrisi yang kaya dan beragam. Dalam biji jagung, terdapat sejumlah komponen penting yang mendukung nilai gizi dan manfaat kesehatan. Dari segi komposisi, biji jagung memiliki kadar air sekitar 10,5%, yang membuatnya relatif

stabil untuk penyimpanan jangka panjang. Selain itu, biji jagung juga mengandung sekitar 1,7% kadar abu, yang merupakan indikator mineral dan mineral penting bagi tubuh manusia. Karbohidrat merupakan komponen terbesar dalam biji jagung, mencapai sekitar 70,3%, yang memberikan sumber energi yang penting. Minyak, dengan kandungan sekitar 5%, memberikan asupan lemak yang diperlukan untuk fungsi tubuh yang sehat. Protein juga hadir dalam biji jagung dengan kadar sekitar 10,3%, yang penting untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh. Selain itu, serat kasar yang terdapat sekitar 2,2% dalam biji jagung memberikan manfaat pencernaan yang baik dan mendukung kesehatan usus. Komposisi dalam jagung dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Komposisi Dalam Jagung

Komponen	Kadar (%)
Air	10,5
Abu	1,7
Karbohidrat	70,3
Minyak	5
Protein	10,3
Serat Kasar	2,2
Total	100

Sumber : Suarni dan Widowati (2007)

Dengan berbagai kandungan nutrisi pada Tabel 1.9, biji jagung merupakan sumber pangan yang bernilai dan dapat memberikan kontribusi positif.

1.4.2 Bahan Pendukung

1. Bleaching Earth

Bleaching earth dikenal sebagai tanah pemutih adalah material alami atau buatan manusia yang digunakan dalam proses pemutihan minyak dan lemak. *Bleaching earth* digunakan untuk proses pemucatan dengan proses adsorben (Hasballah & Siregar, 2020). Proses pemutihan ini penting dalam industri minyak dan lemak untuk menghilangkan warna, bau, dan zat-zat yang tidak diinginkan dari minyak nabati atau hewani.

Bentonit terdiri dari mineral montmorillonit yang memiliki struktur kristal yang unik dan pori-pori yang dapat menampung molekul-molekul zat yang akan diadsorpsi (Wu, S., Dkk, 2019).

2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Soda kaustik apabila dilarutkan dalam air akan menimbulkan reaksi eksotermis. (Purnawan, I., & Sugono, 2020). Natrium hidroksida murni adalah padatan kristal tidak berwarna yang meleleh pada suhu 318 °C (604 °F) tanpa terurai, dan dengan titik didih pada suhu 1.388 °C (2.530 °F). Senyawa ini sangat larut dalam air, dengan kelarutan yang rendah dalam pelarut polar seperti etanol dan metanol. NaOH tidak larut dalam eter dan pelarut non-polar lainnya.

Pada pembuatan minyak, NaOH digunakan untuk mengikat asam lemak bebas (*free fatty acid*) didalam trigliserida sehingga akan membentuk sabun dan air. Pengikatan asam lemak dalam minyak berguna untuk meningkatkan kualitas minyak yang dihasilkan.

3. Minyak Jagung

Minyak jagung adalah trigliserida yang disusun oleh gliserol dan asam lemak. Asam lemak yang menyusun minyak jagung terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh (Marlini dkk., 2022). Minyak jagung saat ini banyak digunakan sebagai pengganti minyak kelapa sawit untuk menggoreng makanan. (Dwiputra., dkk, 2015). *United States Department of Agriculture* (USDA), lebih dari seperempat total lemak dalam minyak jagung adalah asam lemak tak jenuh tunggal, yang diketahui baik untuk kesehatan jantung. Selain itu, minyak ini juga mengandung beberapa nutrisi lainnya, seperti vitamin E, asam lemak omega 3 dan asam lemak omega-6. Satu sendok makan atau sekitar 15 mililiter minyak jagung bisa memberikan 122 kalori dan 14 gram lemak, serta memenuhi 13 persen kebutuhan vitamin E harian.

Menurut Kementerian Kesehatan (2023), Vitamin E dalam minyak jagung bermanfaat sebagai antioksidan dan anti-inflamasi. Antioksidan adalah senyawa yang menetralkan molekul yang disebut radikal bebas bisa meningkatkan risiko kondisi kesehatan, seperti penyakit jantung, diabetes tipe 2, dan beberapa jenis kanker, bila jumlahnya terlalu tinggi. Sementara lemak tak jenuh ganda, seperti lemak omega-6 dan omega-3 dikaitkan dengan penurunan peradangan dan kesehatan yang lebih baik bila jumlah mereka dalam tubuh seimbang. Kandungan yang terdapat pada minyak jagung dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Kandungan yang Terdapat pada Minyak Jagung

Asam Lemak Jenuh	Rumus	%Fraksi Berat
-------------------------	-------	---------------

Asam Palmitat (C16:0)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	13
Asam Stearat (C18:0)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2,5
Asam Laurat (C12:0)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,1
Asam Miristat (C14:0)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,2
Asam Arakidat (C20:0)	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0,5
Asam Lemak Tak Jenuh		
Asam Oleat (C18:1)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	30,5
Asam Linoleat (C18:2)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	52
Asam Linolenat (C18:3)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	1
Asam Cis-11Eikosinat (C20:1)	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0,2

Sumber : Irfansyah, 2020.

Dalam memproduksi minyak jagung, dibutuhkan parameter untuk menentukan kelayakan dari minyak jagung yang diproduksi. Adapun syarat mutu minyak jagung berdasarkan SNI 01-3394-1998 sebagaimana pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Syarat Mutu Minyak Jagung Berdasarkan SNI 01-3394-1998

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
	1:1 Warna	-	Kuning
	1:2 Bau dan rasa	-	Normal
2.	Air dan kotoran, (b/b)	%	Maks. 0.20
3.	Bilangan peroksida	Meg O ₂ /kg	Maks. 10
4.	Asam lemak bebas (sebagai asam oleat), (b/b)	%	Maks. 0.2
5.	Bilangan Iod	g/Iod/100 g	103-28
6.	Komposisi Asam (GC)		
	6.1 C _{12:0}	%	< 0,3
	6.2 C _{14:0}	%	< 0,3

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
6.3	C _{16:0}	%	9-14
6.4	C _{16:1}	%	< 0,5
6.5	C _{16:2}	%	0,5-4,0
6.6	C _{18:1}	%	24-42
6.7	C _{18:2}	%	34-62
6.8	C _{18:3}	%	< 2,0
6.9	C _{20:0}	%	< 1,0
6.10	C _{20:1}	%	< 0,5%
6.11	C _{22:0}	%	< 0,5%
6.12	C _{24:0}	%	< 0,5%
7.	Bahan tambahan makanan		
7.1	Antioksidan		Sesuai SNI 01-0222-1995
8.	Cemara logam		
8.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,1
8.2	Besi (Fe)	mg/kg	Maks. 1,5
8.3	Tembaga Cu)	mg/kg	Maks. 0,1
9.	Cemaran arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1

Sumber : SNI 01-4483-1998

4. Ampas Jagung (*By Product*)

Ampas jagung yang dihasilkan dari pabrik minyak jagung ini yaitu karbohidrat, protein, serat kasar, abu dan air.

1.4.3 Pemilihan Proses

Pengolahan minyak jagung melibatkan beberapa langkah, termasuk ekstraksi lemak atau minyak, dan tahap pemurnian, dengan melalui proses netralisasi dan pemutihan (*bleaching*). Menurut Thursina, AR & (Bilqis, n.d.) ekstraksi adalah suatu metode dengan tujuan menghasilkan minyak atau lemak dari suatu bahan yang diketahui mengandung minyak ataupun lemak. Beberapa metode ekstraksi ini beragam diantaranya yaitu *mechanical expression*, *solvent extraction* dan *rendering*.

A. *Mechanical Expression* (Pengepresan Mekanis)

Pengepresan mekanis adalah salah satu cara untuk mengekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang berasal dari jenis biji-bijian. Metode ini bertujuan untuk memisahkan minyak atau lemak dari biji-bijian yang mengandung kadar minyak yang cukup tinggi. Metode ini membutuhkan perlakuan pendahuluan sebelum minyak atau lemak dapat dipisahkan dari biji. Pembuatan serpih, perajangan, dan penggilingan serta melakukan proses pemasakan atau tempering adalah contoh operasi pendahuluan tersebut. Pengepresan hidraulik (*hydraulic pressing*) dan pengepresan berulir (*screw pressing*) merupakan dua metode pengepresan mekanis yang paling umum (Andaka, n.d.); Thursina, AR & (Bilqis, n.d.).

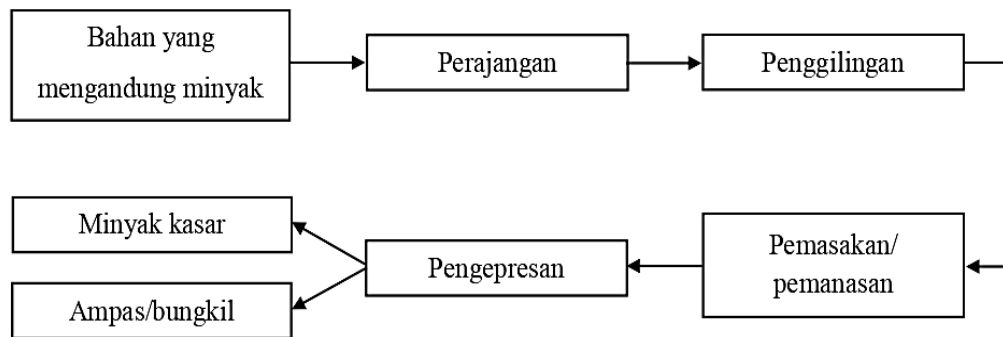
a) Pengepresan *Hidraulik (Hydraulic Pressing)*

Selama proses pengepresan hidraulik, bahan ditekan dengan tekanan sekitar 2000 pound/inch². Jumlah minyak atau lemak yang dihasilkan selama proses ekstraksi dipengaruhi oleh tekanan yang digunakan, waktu pengepresan, dan kandungan minyak dalam bahan yang akan diekstrak. Jumlah minyak yang tersisa

pada bungkil berkisar antara 4-6%, tergantung pada waktu lamanya bungkil ditekan di bawah tekanan hidraulik.

b) Pengepresan Berulir (*Screw Pressing*)

Proses *screw pressing* memerlukan perlakuan pendahuluan, seperti proses pemasakan atau tempering. Dengan kondisi tekanan sekitar 15-20 ton/inch², proses dimulai pada 240°F. Kandungan minyak atau lemak yang diperoleh sekitar 2,5-3,5%, dan bungkil atau ampas yang diperoleh masih mengandung minyak atau lemak yang berkisar 4-5%.



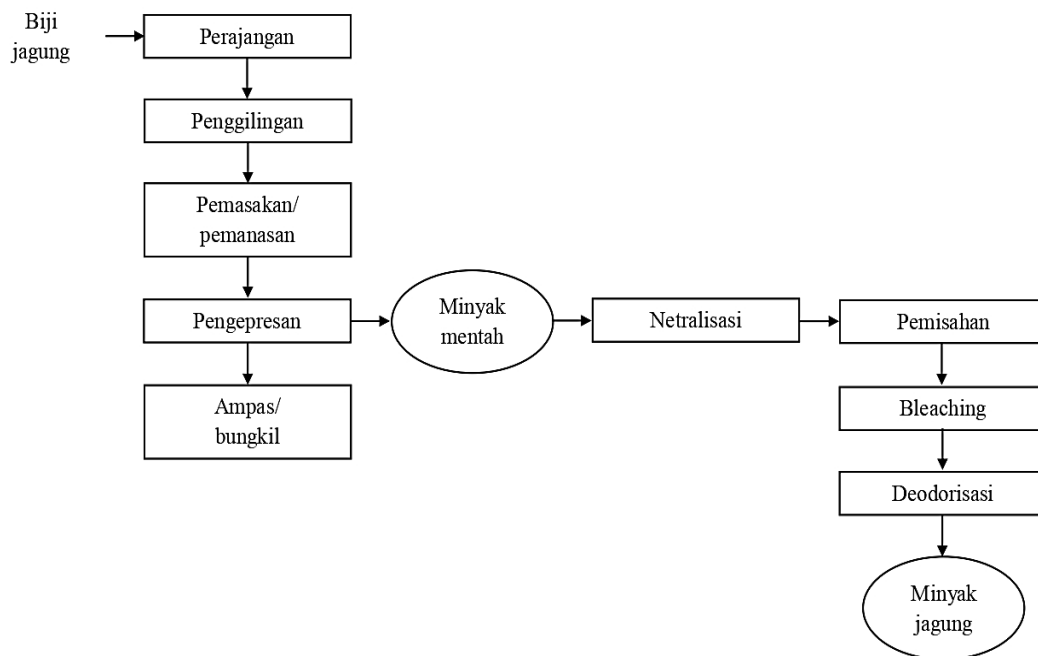
Gambar 1.4 Skema proses memperoleh minyak dengan pengepresan
Sumber: Ketaren, 1986

Proses pembuatan minyak jagung menggunakan metode pengepresan mekanik melakukan perlakuan awal biji jagung, seperti mengecilkan ukurannya dengan tahap perajangan dan penggilingan. Hal ini bertujuan agar pada proses pengepresan, minyak dapat diambil dengan mudah kemudian dilakukan proses pemasakan dan pemanasan. Biji jagung yang telah dimasak dan dipanaskan kemudian dimasukkan ke dalam tahap pengepresan untuk menghasilkan minyak jagung mentah.

Minyak yang keluar dari proses pengepresan kemudian disentrifuse agar cairan yang diperoleh terpisah dari padatan (ampasnya). Minyak yang dihasilkan kemudian dimasukkan kedalam tangki neutralizer untuk mereaksikan kandungan senyawa *free fatty acid* (FFA) dalam minyak dengan NaOH sehingga nantinya akan terjadi proses penyabunan. Hasil penyabunan di neutralizer kemudian dicuci dengan air di tangki pencuci sebelum minyak dipisahkan dari air dan sabun serta NaOH.

Minyak dimasukkan ke dalam menara *bleaching* untuk tahap pemucatan. Untuk menghilangkan zat warna yang tidak diinginkan dari minyak, dilakukan proses *bleaching*. Pada tahap ini, minyak dicampur dengan adsorben seperti tanah serap (*fuller earth*), lempung aktif (*activated clay*), dan arang aktif selain itu dapat menggunakan bahan kimia untuk melakukan proses ini. Minyak yang dihasilkan dari tahap pemucatan (*bleaching*) kemudian dimasukkan ke dalam menara deodorisasi untuk menghilangkan rasa dan bau yang tidak diinginkan dari minyak. Proses deodorisasi terdiri dari penyulingan minyak dengan uap panas, juga dikenal sebagai *steam*, dalam tekanan atmosferis atau vakum. Hasil dari proses penyulingan adalah produk minyak jagung yang siap untuk dikemas.

Proses pembuatan minyak jagung secara umum menggunakan metode pengepresan dapat dilihat pada Gambar 1.5.



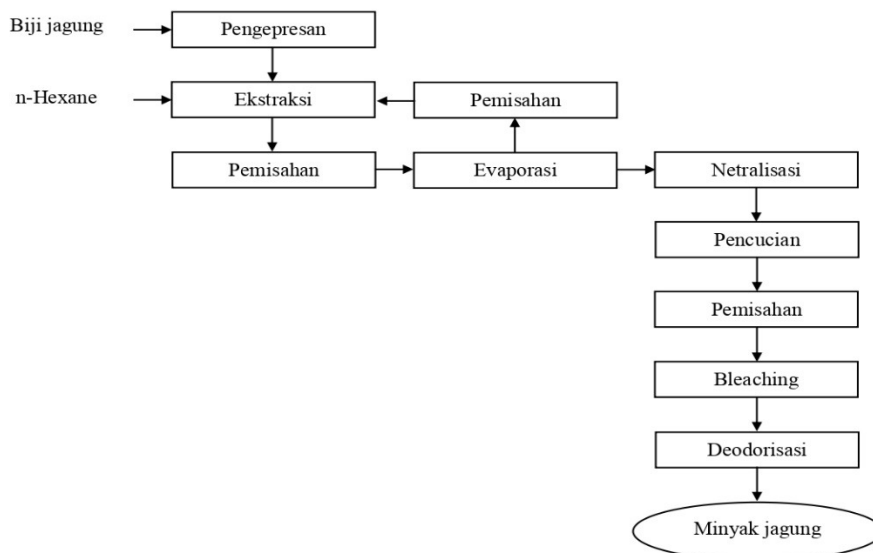
Gambar 1.5 Diagram Proses Minyak Jagung Metode Pengepresan Mekanik
 Sumber: Ketaren, 1986

Bahan yang memiliki kandungan minyak tinggi antara 30 hingga 70% dapat dilakukan metode pengepresan mekanik digunakan untuk ekstraksi. Kekurangan metode ini yakni sedikitnya minyak yang diperoleh selama proses pengepresan, sehingga pada proses ekstraksi harus menggunakan pelarut untuk mengoptimalkan minyak yang dihasilkan. Minyak atau lemak yang diperoleh harus dipisahkan dari pelarut dengan cara diuapkan.

Optimalkan ekstraksi minyak/lemak dengan mengombinasikan *wet rendering* dan pengepresan mekanik/sentrifusi.

c) *Solvent Extraction* (Ekstraksi dengan Pelarut)

Dengan menggunakan pelarut, metode ekstraksi ini dapat digunakan untuk bahan dengan kandungan minyak yang rendah. Lemak atau minyak dalam bahan dilarutkan dengan pelarut organik. Proses pembuatan minyak jagung secara umum menggunakan metode *solvent extraction* dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Diagram Proses Minyak Jagung Metode Ekstraksi Pelarut
Sumber: Ketaren, 1986

Minyak jagung dihasilkan dengan memasukkan biji jagung yang telah dipress atau dikecilkan ke dalam tangki ekstraksi pelarut yang dilengkapi dengan pengaduk. Proses selanjutnya melibatkan pencampuran biji jagung dengan solven hexane untuk memudahkan pengambilan minyak. Kemudian, campuran yang keluar dari tangki ekstraksi dipisahkan menggunakan *centrifuge*, menghasilkan cairan yang bebas dari padatan, atau yang dikenal sebagai ampas. Cairan yang mengandung minyak dan n-hexane dipisahkan melalui proses pengapian menggunakan evaporator. Selanjutnya,

uap n-hexane dan air dipisahkan di decanter sehingga n-hexane dan air dapat terpisah. Setelah proses pemisahan, n-hexane yang telah terpisah dapat dikembalikan, atau di-*recycle*, ke dalam tangki ekstraksi.

Minyak yang keluar dari *evaporator* dimasukkan ke dalam tangki *neutralizer* untuk mereaksikan kandungan senyawa *free fatty acid* (FFA) dalam minyak dengan senyawa basa natrium hidroksida (NaOH), yang menghasilkan sabun. Hasil penyabunan pada *neutralizer* kemudian dilakukan tahap di tangki pencuci menggunakan air. Setelah itu dimasukkan ke decanter untuk memisahkan minyak dari sabun dan sisa NaOH. Setelah itu, minyak dimasukkan ke dalam menara *bleaching* yang merupakan proses pemurnian dengan tujuan untuk menghilangkan zat warna yang tidak diinginkan dari minyak. Pada tahap ini, minyak dicampur dengan adsorben seperti tanah serap (*fuller earth*), lempung aktif (*actived clay*) dan arang aktif selain itu juga dapat menggunakan bahan kimia.

Tahap pemucatan (*bleaching*) selesai, minyak kemudian dimasukkan ke dalam menara deodorisasi untuk menghilangkan rasa dan bau yang tidak enak dalam minyak. Proses deodorisasi dilakukan dengan penyulingan minyak menggunakan uap panas, juga dikenal sebagai steam, dalam tekanan atmosferis atau vakum. Hasil dari proses penyulingan adalah produk minyak jagung yang siap untuk dikemas.

Bahan dengan kandungan minyak yang rendah, ekstraksi dengan pelarut melarutkan minyak atau lemak dalam bahan dengan pelarut. Kekurangan dari proses ini meliputi pelarut mahal, minyak atau lemak yang diperoleh harus diuapkan untuk memisahkannya dari pelarut, ampas atau bungkil harus dipisahkan dari pelarut yang

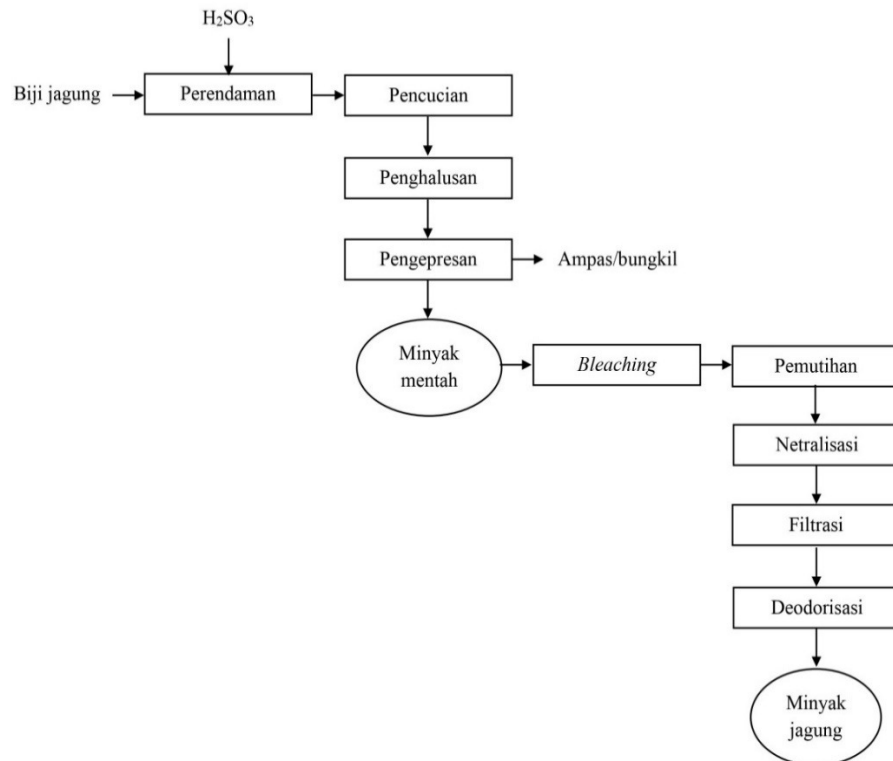
tertahan sebelum dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pakan ternak, dan biaya operasi proses yang cukup tinggi.

d) *Rendering*

Proses *rendering* menggunakan panas untuk menghilangkan minyak atau lemak dari bahan dengan kadar air tinggi. Tujuannya adalah mengumpulkan protein pada dinding sel bahan dan memecahkan dinding sel tersebut agar minyak atau lemak dalam bahan dapat dengan mudah ditembus oleh minyak atau lemak yang terdapat di dalamnya. (Ketaren, 1986).

Biji jagung dimasukkan ke dalam tangki perendaman untuk melunakkannya sebelum membuat minyak jagung dengan metode *rendering*. Larutan H_2SO_3 ditambahkan sebagai desinfektan. Selanjutnya, biji jagung dipisahkan dengan lembaga jagung (*corn germ*), kemudian dicuci untuk menghilangkan kandungan H_2SO_3 . Setelah pencucian, lembaga jagung mengalami proses *rendering*, yang menghasilkan minyak jagung mentah. Minyak yang keluar dari proses *rendering* dipisahkan. Minyak dari proses *rendering* dipisahkan menggunakan *centrifuge* untuk menghasilkan cairan yang bebas dari padatan (ampas). Minyak yang keluar dari *centrifuge* dimasukkan ke dalam tangki *neutralizer* untuk mereaksikan kandungan senyawa *free fatty acid* (FFA) dalam minyak dengan senyawa basa natrium hidroksida (NaOH), sehingga menghasilkan sabun. Hasil dari penyabunan tersebut selanjutnya melewati tahap pencucian dengan menggunakan air di tangki pencuci sebelum minyak dari air dan sabun serta NaOH dipisahkan. Proses pembuatan

minyak jagung secara umum menggunakan metode *rendering* dapat dilihat pada Gambar 1.7.



Gambar 1.7 Diagram Proses Pembuatan Minyak Jagung Metode *Rendering*
Sumber: Ketaren, 1986

Minyak dimasukkan ke dalam menara pemutih setelah itu untuk tahap pemucatan. Tahap pemurnian dilakukan untuk menghilangkan zat warna yang tidak diinginkan dari minyak. Pada tahap ini, minyak dicampur dengan adsorben seperti tanah serap (*fuller earth*), lempung aktif (*activated clay*), dan arang aktif, dapat juga menggunakan bahan kimia untuk melakukan proses ini. Minyak yang dihasilkan dari tahap pemucatan (*bleaching*) kemudian dimasukkan ke dalam menara deodorisasi untuk menghilangkan rasa dan bau yang tidak enak dari minyak. Proses

deodorisasi terdiri dari penyulingan minyak dengan uap panas, juga dikenal sebagai *steam*, dalam tekanan atmosferis atau vakum. Hasil dari proses penyulingan adalah produk minyak jagung yang siap untuk dikemas.

Pengolahan basah (*wet rendering method*) dan pengolahan kering (*dry rendering method*) adalah dua jenis pengolahan yang paling umum digunakan. *Wet rendering method* adalah metode yang melibatkan penambahan air selama proses pengolahan sedangkan *dry rendering method* tidak melibatkan penambahan air selama proses pengolahan (Asshidiq, 2021).

1. *Wet Rendering Method*

Wet rendering merupakan proses *rendering* dengan menambahkan sejumlah air selama proses tersebut berlangsung proses *wet rendering* dilakukan pada ketel terbuka atau tertutup dengan air. Proses ini menggunakan suhu tinggi dan tekanan uap 40-60 psi atau 40-60 pound. Alat yang digunakan pada tahap ini adalah *digester*. Air dan bahan yang akan diekstraksi dimasukkan ke dalam *digester* dengan tekanan uap air sekitar 40 hingga 60 pound sekitar 4-6 jam (Ketaren, 1986). Jika diinginkan rasa netral dari minyak atau lemak, proses *wet rendering* menggunakan temperatur rendah. bahan yang akan diekstraksi diletakkan pada ketel yang disertai dengan alat pengaduk. Setelah itu, air ditambahkan kedalam ketel, campuran dipanaskan perlahan sampai 50°C sambil diaduk. Minyak yang terekstraksi akan naik ke atas dan kemudian terpisah. *Wet rendering* dengan temperatur rendah kurang populer. Sebaliknya, proses *wet rendering* dengan temperatur tinggi yang

dikombinasikan dengan tekanan uap air digunakan untuk menghasilkan banyak minyak atau lemak.

2. *Dry Rendering Method*

Dry rendering adalah jenis *rendering* yang dilakukan tanpa menggunakan air. Proses ini dilakukan dalam ketel terbuka yang dilengkapi dengan *steam jacket* dan alat agitator (alat pengaduk). Setelah dimasukkan ke dalam ketel tanpa air, bahan yang diharapkan mengandung minyak atau lemak dipanaskan sambil diaduk. Pemanasan dimulai pada 2200°F hingga 2300°F (1050°C hingga 1100°C). Ampas dari bahan yang telah diambil minyaknya akan diendapkan pada dasar ketel. Minyak atau lemak yang dihasilkan dipisahkan dari ampas yang telah mengendap, dan minyak diambil dari bagian atas ketel (Ketaren, 1986).

Perbandingan metode *rendering* secara proses basah (*wet rendering*) dan proses kering (*dry rendering*) dalam proses pembuatan minyak jagung ditunjukkan pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Perbandingan Metode *Wet Rendering* dan *Dry Rendering*

No.	Proses	Kelebihan	Kekurangan
1.	<i>Wet rendering</i> (Proses basah)	<ul style="list-style-type: none"> 1) Baik ketel terbuka maupun tertutup dapat digunakan untuk melakukan prosedur ini. 2) Proses dapat dilakukan baik pada suhu tinggi maupun rendah. 3) Minyak yang dihasilkan tidak mengandung impuritis. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Membutuhkan waktu yang cukup lama ketika proses berlangsung

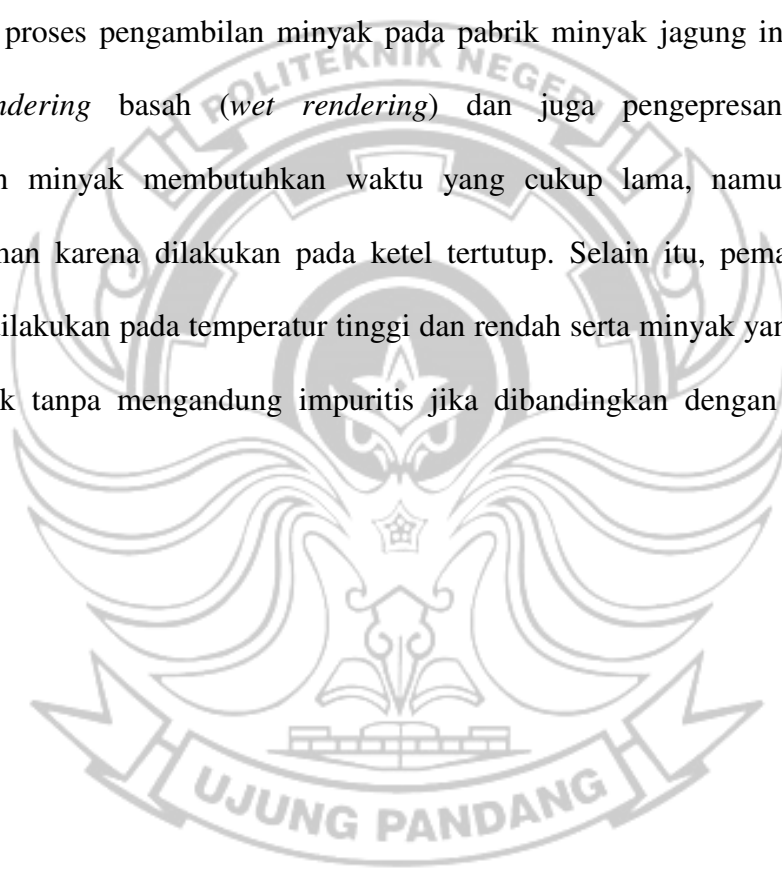
No.	Proses	Kelebihan	Kekurangan
2.	<i>Dry rendering</i> (Proses kering)	1) Tidak membutuhkan air selama proses berlangsung 2) Proses berlangsung dengan cepat	1) Proses pengambilan membutuhkan suhu tinggi. 2) Minyak dibuat pada ketel terbuka, sehingga kurang aman. Minyak yang dihasilkan masih mengandung impuritis

Berdasarkan metode-metode yang telah dijelaskan sebelumnya, adapun perbandingan dari metode-metode tersebut berdasarkan beberapa parameter ditunjukkan pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Perbandingan Proses Pengambilan Minyak Berdasarkan Beberapa Parameter

Parameter	Proses Pengolahan		
	<i>Mechanical Expression</i>	<i>Solvent Extraction</i>	<i>Rendering</i>
Bahan baku	Sawit	Jagung, sawit dan bahan lainnya.	Jagung, sawit dan bahan lainnya.
Kandungan minyak	Tinggi	Tinggi dan rendah	Tinggi dan rendah
Bahan tambahan atau aditif	H ₂ O, NaOH	N-Hexane, benzene dan pelarut lainnya serta NaOH	H ₂ O, NaOH
Konversi minyak	85%	99%	90%
Biaya produksi	Rendah	Tinggi	Sedang
Limbah	Ampas	Ampas dan <i>solvent</i>	Ampas

Berdasarkan uraian dan pertimbangan di atas, pabrik minyak jagung ini dirancang untuk menggunakan metode *rendering* basah sebagai salah satu teknologi pengolahan minyak jagung yang sederhana dan tidak memerlukan biaya yang banyak karena tidak memerlukan kondisi proses yang ekstrim. Keuntungan dan kerugian dari metode-metode tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.12 dan Tabel 1.13 di atas. Untuk proses pengambilan minyak pada pabrik minyak jagung ini, digunakan metode *rendering* basah (*wet rendering*) dan juga pengepresan. Meskipun pengambilan minyak membutuhkan waktu yang cukup lama, namun prosesnya terbilang aman karena dilakukan pada ketel tertutup. Selain itu, pemanasan stabil juga dapat dilakukan pada temperatur tinggi dan rendah serta minyak yang dihasilkan lebih banyak tanpa mengandung impuritis jika dibandingkan dengan metode *dry rendering*.



BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Bahan Baku

1. Jagung

Bahan baku pembuatan minyak jagung berasal dari jagung yang berkualitas dan memenuhi syarat mutu sebagai bahan baku pembuatan minyak jagung. Adapun syarat mutu jagung yang digunakan berdasarkan SNI 01-3920-1995 sebagai berikut:

- a. Bebas hama atau penyakit;
- b. Bebas bau busuk, asam, atau bau asing lainnya;
- c. Bebas dari bahan kimia seperti: insektisida dan fungisida;
- d. Memiliki suhu normal.

Adapun syarat khusus mutu jagung berdasarkan SNI 01-3920-1995 sebagaimana pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Syarat Khusus Mutu Jagung Berdasarkan SNI 01-3920-1995

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Umum			
		I	II	III	IV
Kadar air	(%)	Maks. 14	Maks. 14	Maks. 15	Maks. 17
Butir rusak	(%)	Maks. 2	Maks. 4	Maks. 6	Maks. 8
Butir warna lain	(%)	Maks. 1	Maks. 3	Maks. 7	Maks. 10
Butir pecah	(%)	Maks. 1	Maks. 3	Maks. 3	Maks. 5
Kotoran	(%)	Maks. 1	Maks. 1	Maks. 2	Maks. 2

Sumber : SNI 01-3920-1995

2. Air

a) Sifat Fisika :

Rumus Molekul : H – O – H

Rumus Kimia : H₂O

Berat Molekul : 18,0153 g/mol

Titik Didih : 100 °C

Titik Beku : 0 °C

Temperatur Kritis : 374,15 °C

Tekanan Kritis : 218,3074 atm

Densitas : 0,998 g/cm³ (Cair, 20 °C), 0,92 g/cm³

Panas Jenis : 0,9995 kal/g °C

Kemurnian : 100 %

b) Data Termodinamika :

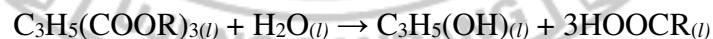
$\Delta H^{\circ}f$: -284,1 kJ/mol fase cair (pada suhu 25°C)

$\Delta G^{\circ}r$: -228,59 kJ/mol fase cair (pada suhu 25°C)

(Perry, 1999 ;Yaws, 1999)

c) Sifat Kimia :

a. Hidrolisis, Reaksi hidrolisis antara minyak dan air akan menghasilkan asam lemak dan gliserol, menurut reaksi:



3. NaOH

a) Sifat fisika :

Rumus Kimia : NaOH

Nama lain : *Natrium Hydroxide*

Berat molekul : 39,997 g/mol

Titik didih : 1388 °C

Titik leleh : 318 °C

Densitas : 2,13 g/cm³

(Perrys, 1999)

b) Data Termodinamika :

$\Delta H^{\circ}f$ (25°C) : -425,60 kJ/mol

ΔS : 64,50 J/kmol

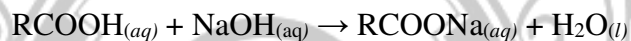
C_p : 59,54 J/kmol

(Yaws, 1999)

c) Sifat Kimia :

a. Netralisasi, Reaksi asam lemak dengan NaOH menghasilkan sabun dan air.

Berikut reaksinya:



(Perrys, 1999)

2.1.2 Produk

1. Minyak Jagung (Produk Utama)

a) Sifat Fisika :

Densitas relatif (cair pada 20°C) : 0.917-0.925

Indeks refraksi (pada 25°C) : 1.470–1.474

Indeks Refraksi (pada 40°C) : Putih

Viskositas (CP) : 1.465-1.468

Konstanta Dielektrik : 30.80 pada 40°C, 18.15 pada 60°C

Tegangan Permukaan pada 25°C : 34.80

Konduktivitas Termal pada 130°C (J/s/cm²/°C) : 4.2017×10⁵

Titik Lebur (°C) : -18 hingga -10

Titik Nyala (°C) : 321

Titik Asap (°C)	: 230 hingga 238
Titik Api (°C)	: 366 hingga 371
Titik Keruh (°C)	: -14 hingga -11
Stabilitas	: 6,2

b) Sifat Kimia :

Nilai Penyabunan (mg KOH/g minyak)	: 187-195
Materi Tak Tersabunkan (g/kg)	: 10-28
Nilai Iodin (Metode Wijs)	: 103-135
Rasio Isotop Karbon Stabil	: 13.71- 16.36

(Apetrei, C.,2015 ; Woodbury,2003).

2. Glycerol

a) Sifat fisika :

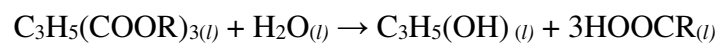
Rumus Kimia	: $C_3H_5(OH)_3$
Nama lain	: Gliserin, Gliserol, Glycyl Alcohol
Berat molekul	: 92,095 g/mol
Titik didih	: 290°C
Titik leleh	: 18°C
Temperatur Kritis	: 451,85°C
Specific Gravity (25 oC)	: 1,262
Densitas	: 1,261 g/cm ³
Viskositas	: 1,5 Pa.s

b) Data Termodinamika :

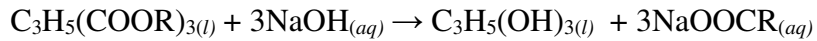
$\Delta H^{\circ}f$: -667,8 kJ/mol fase cair (pada suhu 25°C)
$\Delta G^{\circ}r$: -678,33 kJ/mol fase cair (pada suhu 25°C)

c) Sifat Kimia :

a. Hidrolisis, Reaksi hidrolisis antara minyak dan air akan menghasilkan asam lemak dan gliserol, menurut reaksi :



b. Saponifikasi, Jika lemak direaksikan dengan alkali untuk menghasilkan gliserol dan garam atau sabun atau logam alkali maka reaksinya :



(Swern, D. (Ed.), 1964)

3. Asam lemak

a) Sifat Fisika :

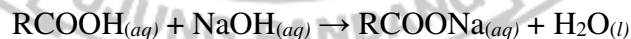
Rumus Kimia : RCOOH
Berat Molekul : 256,42 g/mol
Titik Didih : 271,5°C (pada 100 mmHg)
Titik Leleh : 61 – 62,5°C
Titik Nyala : 206 oC
Densitas : 0,852 g/cm³ (pada 25°C)
Tekanan uap : 13 hPa (10 mmHg)
Warna : putih
Kelarutan : Tidak larut dalam air

(MSDS Tradeasia International Pte Ltd, 2018)

b) Sifat Kimia:

a. Netralisasi, reaksi asam lemak dengan NaOH menghasilkan sabun dan air.

Berikut reaksinya:



(Bailey's, 1951)

4. Sabun

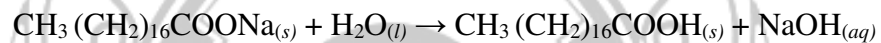
a) Sifat Fisika :

Rumus moolekul : RCOO⁻ Na⁺
Rumus kimia : CH₃ (CH₂)₁₆COONa
Warna : Putih

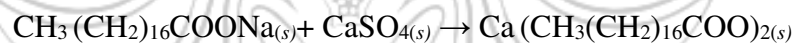
Tekanan uap (200C) : <1 mbar
 Panas jenis sabun : 0,56 Kal/gr
 Viskositas : tergantung pada suhu dan campuran minyak
 Densitas : 0,96 g/mL - 0,99 gr/mL
 Warna : putih
 (Apetrei, C.,2015)

b) Sifat Kimia :

a. Hidrolisis, sabun bersifat basa. Reaksi hidrolisis antara sabun dan air akan menghasilkan air yang bersifat basa. Berikut reaksinya:



b. Memiliki buih, jika larutan sabun dalam air diaduk maka akan menghasilkan buih. Dalam hal ini, sabun dapat menghasilkan buih. Setelah garam Mg atau Ca dalam air mengendap.



c. Sabun mempunyai sifat membersihkan, sifat ini disebabkan proses kimia koloid, sabun (garam natrium dari asam lemak) digunakan untuk mencuci kotoran yang bersifat polar maupun non polar, karena sabun mempunyai gugus polar dan non polar. Molekul sabun mempunyai rantai hydrogen $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}$ yang bertindak sebagai ekor yang bersifat hidrofobik (tidak suka air) dan larut dalam, zat organik sedangkan COONa^+ sebagai kepala yang bersifat hidrofilik (suka air) dan larut dalam air.

(Bailey's, 1951)

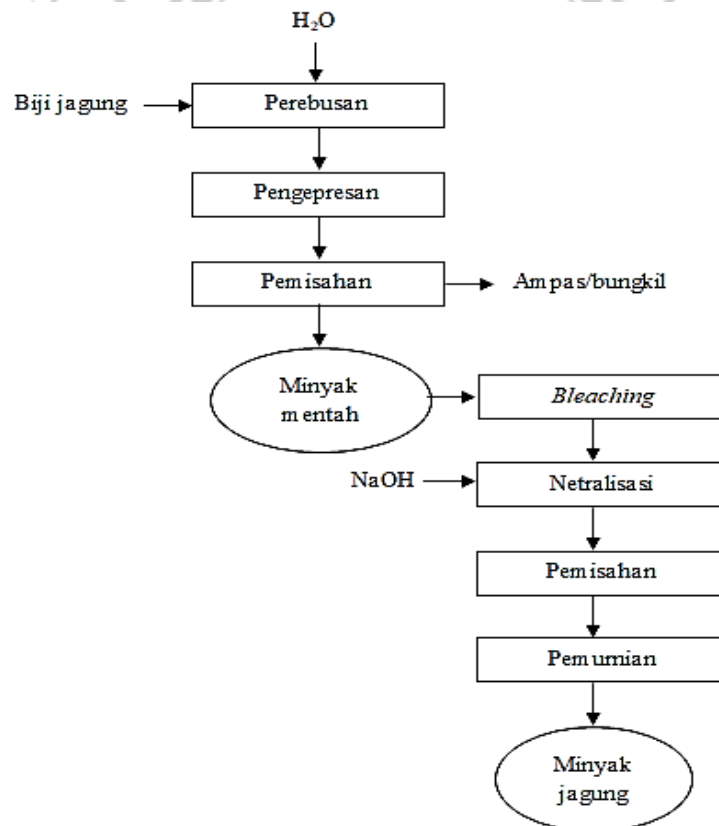
5. Ampas Jagung (*By Product*)

Ampas jagung yang dihasilkan dari proses pengepresan biji jagung memiliki nilai nutrisi sebagaimana ampas jagung pada umumnya yakni protein kasar 13,22%, lemak kasar 5,8%, serat kasar 2,92% dan BK 87,27%.

2.2 Konsep Proses

2.2.1 Konsep Proses Pengolahan

Konsep proses pengolahan biji jagung menjadi minyak jagung dengan metode *wet rendering* dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 2. 1 Diagram Alir Proes Pembuatan Minyak Jagung (*Corn Oil*) dengan Metode *Wet Rendering*

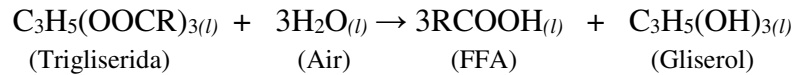
Konsep proses pembuatan minyak jagung diawali dengan proses perebusan biji jagung, kemudian di pres menggunakan alat *screw press* untuk mengambil minyak . Hasil dari pengepresan tersebut akan menghasilkan ampas dan minyak jagung mentah (*crude corn oil*). Selanjutnya minyak jagung dan sisa ampas dipisahkan dengan proses sentrifugasi. Untuk memisahkan minyak jagung dari zat-zat yang tidak diinginkan, minyak jagung melalui proses *bleaching*, kemudian dilakukan proses filtrasi dengan menggunakan alat *filter press*. Minyak kemudian disimpan dalam tangki akumulator yang selanjutnya akan diteruskan di reaktor netralisasi. Pada tahap ini, ditambahkan NaOH untuk memisahkan FFA dari minyak. FFA dan NaOH akan bereaksi membentuk sabun. Minyak kemudian dipisahkan dengan air dan sabun melalui proses sentrifugasi tahap II. Minyak kemudian dimurnikan menggunakan alat destilasi. Hasil dari pemurnian minyak ini, akan menghasilkan minyak jagung murni (*corn oil*) yang akan didinginkan dalam *cooler* dan selanjutnya dilakukan proses pengemasan.

2.2.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis), reaksinya terjadi secara spontan atau tidak spontan dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*).

1. Reaksi Hidrolisis

Konsep tinjauan termodinamika dari reaksi pembentukan minyak jagung ditinjau dari reaksi utamanya yaitu reaksi hidrolisis antara trigliserida dengan air.



Persamaan 1 berikut menentukan reaksi berlangsung eksotermis atau endotermis :

$$\Delta H_r = \Delta H^{\text{of}} \text{ Produk} - \Delta H^{\text{of}} \text{ Reaktan} \dots\dots\dots(1)$$

(Smith et al.,1996)

Tabel 2.2 Entalpi Pembentukan Standar dalam Reaksi Hidrolisis

Komponen	ΔH^{of} (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOCR})_3$	-1.272,9
RCOOH	-476,10
$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	-667,80
H_2O	-284,10

Sumber : Yaws (1999)

$$\Delta H_r = \Delta H^{\text{of}} \text{ Produk} - \Delta H^{\text{of}} \text{ Reaktan (Smith et al.,1996)}$$

$$\Delta H_r = [3(\Delta H^{\text{of}} \text{ RCOOH}) + \Delta H^{\text{of}} \text{ C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3] - [\Delta H^{\text{of}} \text{ C}_3\text{H}_5(\text{OOCR})_3 + 3(\Delta H^{\text{of}} \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta H_r = [3(-476,10) + (-667,80)] - [-1272,9 + 3(-284,10)]$$

$$\Delta H_r = -2.096,1 - (-2.125,22)$$

$$\Delta H_r = 29,12 \text{ kJ/mol (Reaksi bersifat endotermis)}$$

Harga ΔH_r bernilai positif, maka reaksi pembentukan minyak jagung (*corn oil*) bersifat endotermis, yaitu reaksi yang membutuhkan panas atau menyerap panas,

sehingga untuk menjaga keberlangsungan suatu reaksi, pada kondisi proses ditambahkan panas.

Energi Gibbs (ΔG) menentukan apakah reaksi spontan, tidak spontan, atau setimbang: ΔG negatif berarti spontan, ΔG positif berarti tidak spontan.

Tabel 2.3 Energi Gibbs Komponen-Komponen dalam Reaksi Hidrolisis

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
$C_3H_5(OOCR)_3$	-1813,7
RCOOH	-674,04
$C_3H_5(OH)_3$	-678,33
H_2O	-228,59

Sumber : Yaws (1999)

Berdasarkan data ΔG° 298 K pada tabel 2.3, dapat dihitung besarnya energi bebas Gibbs standar (ΔG_r)

$$\Delta G_r = \Delta G^\circ \text{ Produk} - \Delta G^\circ \text{ Reaktan} \dots\dots\dots(2)$$

(Smith et al.,1996)

$$\Delta G_r = [3(\Delta G^\circ_f \text{ RCOOH}) + \Delta G^\circ_f C_3H_5(OH)_3] - [\Delta G^\circ_f C_3H_5(OOCR)_3 + 3(\Delta G^\circ_f H_2O)]$$

$$\Delta G_r = [3(-674,04) + (-678,33)] - [-1813,7 + 3(-228,59)]$$

$$\Delta G_r = (-2.700,45) - (-2.499,55)$$

$$\Delta G_r = -200,9 \text{ kJ/mol (Reaksi terjadi secara spontan)}$$

Penentuan arah suatu reaksi dalam segi termodinamika diperlukan prinsip kesetimbangan kimia. Perhitungan harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) dapat ditinjau dari rumus berikut:

$$\Delta G^\circ = -R.T. \ln K \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H_r}{RT^2} \dots\dots\dots(4)$$

ΔG° = Energi bebas Gibbs standar, kJ/mol

R = Konstanta gas ideal; 8,314 J/mol.K

T = Temperatur, K

ΔH_r = Panas reaksi standar, J/mol

K = Konstanta kesetimbangan reaksi

$$\Delta G^\circ = -R.T. \ln K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ}{-R.T}$$

(Smith et al.,1996)

$$\ln K = \frac{-200,9 \text{ kJ/mol}}{-0,008314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol.K}} \cdot 298 \text{ K}}$$

$$\ln K = 81,087$$

Kemudian persamaan (4) diintegrasikan sehingga diperoleh :

$$\int_{K_0}^{K_1} d \ln K = \frac{\Delta H^\circ_f}{R} \int_{T_0}^{T_1} \frac{1}{T^2} dT$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = \frac{\Delta H^\circ_f}{R} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right]$$

$$\ln K_1 - \ln K_0 = \frac{\Delta H^\circ_f}{R} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right]$$

Reaksi dijalankan pada suhu $95^\circ\text{C} = 368 \text{ K}$

$$\ln K_1 - 81,087 = \frac{29,12}{0,008314} \left[\frac{1}{368} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln K_1 - 81,087 = 3.502,5 [- 0,000638]$$

$$\ln K_1 - 81,087 = [- 2,235]$$

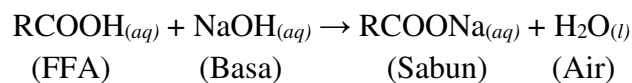
$$\ln K_1 = 78,852$$

$$K_1 = 1,7578 \times 10^{34}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, harga $K > 1$ sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan, sehingga reaksi berlangsung searah (*irreversible*)

2. Reaksi Netralisasi

Konsep tinjauan termodinamika dari reaksi netralisasi yaitu:



Tabel 2.4 Entalpi Pembentukan Standar dalam Reaksi Netralisasi

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)
NaOH	-425,60
RCOOH	-476,10
RCOONa	-776,02
H ₂ O	-284,10

Sumber : Yaws (1999)

Adapun perhitungan untuk mengetahui reaksi berlangsung secara eksotermis atau endotermis, sebagai berikut:

$$\Delta H_r = \Delta H^{\circ}_f \text{ Produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ Reaktan (Smith et al., 1996)}$$

$$\Delta H_r = [\Delta H^{\circ}_f \text{ RCOONa} + \Delta H^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O}] - [\Delta H^{\circ}_f \text{ RCOOH} + \Delta H^{\circ}_f \text{ NaOH}]$$

$$\Delta H_r = [(-776,02) + (-284,10)] - [(-476,10) + (-425,60)]$$

$$\Delta H_r = -1.060,123 - (-901,7)$$

$$\Delta H_r = -158,423 \text{ kJ/mol (Reaksi bersifat eksotermis)}$$

Harga ΔH_r bernilai negatif, maka reaksi pembentukan minyak jagung (*corn oil*) bersifat eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan panas selama proses berlangsung.

Tabel 2.5 Energi Gibbs Komponen-Komponen dalam Reaksi Netralisasi

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
NaOH	-379,50
RCOOH	-674,04
RCOONa	-1.030,1
H ₂ O	-228,59

Sumber : Yaws (1999)

Berdasarkan data ΔG° 298 tabel 2.5 dapat dihitung besarnya energi bebas Gibbs standar (ΔG_r):

$$\Delta G_r = \Delta G^\circ \text{ Produk} - \Delta G^\circ \text{ Reaktan (Smith et al.,1996)}$$

$$\Delta G_r = [\Delta H^\circ_f \text{ RCOONa} + \Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{O}] - [\Delta H^\circ_f \text{ RCOOH} + \Delta H^\circ_f \text{ NaOH}]$$

$$\Delta G_r = [(-1030,1) + (-228,59)] - [(-674,04) + (-379,50)]$$

$$\Delta G_r = (-1.258,71) - (-1.053,54)$$

$$\Delta G_r = -205,17 \text{ kJ/mol (Reaksi terjadi secara spontan)}$$

Perhitungan harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = -R.T. \ln K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ}{-R.T}$$

(Smith et al.,1996)

$$\ln K = \frac{-205,17 \text{ kJ/mol}}{-0,008314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K}}$$

$$\ln K = 82,81$$

Reaksi dijalankan pada suhu $95^{\circ}\text{C} = 368 \text{ K}$

$$\ln K_1 - 82,81 = \frac{-158,423}{0,008314} \left[\frac{1}{368} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln K_1 - 82,81 = -19.054,96 [-0,000638]$$

$$\ln K_1 - 82,81 = 12,163$$

$$\ln K_1 = 12,163 + 82,81$$

$$\ln K_1 = 94,974$$

$$K_1 = 1,7646 \times 10^{41}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, harga $K > 1$ sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan, sehingga reaksi berlangsung searah (*irreversible*)

2.3 Langkah Proses

Tahapan proses pada pabrik minyak jagung ini memiliki tiga tahapan yakni persiapan bahan baku, proses pengambilan minyak dan pemurnian minyak

2.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku ini berasal dari pengusaha pengolah biji jagung di Jeneponto. Dengan bantuan *screw conveyor* (SC-101), biji jagung didistribusikan ke dalam tangki perebusan (T-101). Setelah itu, proses perebusan biji jagung dilakukan dengan tujuan melunakkan biji jagung dan juga mengeluarkan minyak dan lemak yang ada pada biji jagung. Tahapan ini dilakukan dengan menambahkan air sesuai dengan jenis metode yang telah dipilih sebelumnya. dan juga dilakukan proses pemanasan dengan menggunakan uap atau *steam* yang dialirkan melalui jaket pada tangki perebusan (T-

101) hingga suhunya mencapai 75°C, biji jagung direbus selama dua jam dengan perbandingan volume air dan biji jagung yakni 1:1.

2.3.2 Proses Pengambilan Minyak dalam Biji Jagung

Minyak jagung dihasilkan melalui proses pengepresan biji jagung di dalam *twin screw press* (SP-101) hingga menghasilkan minyak jagung mentah (*crude corn oil*). Beberapa tahapan prosesnya sebagai berikut:

A. Tahap Pengepresan

Setelah biji jagung telah direbus, ia kemudian dimasukkan ke dalam *twin screw press* (SP-101) untuk melakukan tahapan pengepresan, yang menghasilkan minyak jagung mentah (*crude corn oil*). Pada tahapan pengepresan ini akan menghasilkan minyak jagung mentah dan ampas sebagai *by product* dalam tahapan pembuatan minyak jagung ini.

B. Tahapan Pemisahan

Minyak jagung mentah (*crude corn oil*) kemudian dimasukkan ke dalam *centrifuge* (CE-101) untuk memisahkan partikel padat dari sisa pengepresan yang terbawa pada minyak jagung mentah.

2.3.3 Proses Pemurnian Minyak

Pemurnian minyak dilakukan dengan tujuan menghilangkan rasa, bau, dan warna yang tidak diinginkan serta memperpanjang masa penyimpanan minyak sebelum dikonsumsi atau digunakan sebagai bahan mentah pada suatu industri. Minyak yang

digunakan dalam produksi bahan pangan biasanya dimurnikan terlebih dahulu melalui beberapa tahapan berikut:

A. Proses Pemucatan (*bleaching*)

Tujuan utama dari proses pemucatan adalah untuk mengurangi zat warna yang tidak disukai dan koloid dari minyak dengan mencampur minyak dengan beberapa adsorben.

Tanah pemucat (*bleaching earth*) adalah jenis adsorben yang digunakan untuk memucatkan minyak pada proses ini. Permukaan adsorben menyerap zat warna minyak dan menyerap suspensi koloid (gum dan resin), serta produk degradasi minyak seperti peroksida.

Tambahan adsorben dilakukan pada suhu 110°C dengan adsorben sebanyak 1.0 hingga 1.5 dari berat minyak. Selanjutnya, minyak dipisahkan dari adsorben melalui pengepresan dengan *filter press* atau penyaringan menggunakan kain tebal. Proses ini menghilangkan sekitar 0.2 hingga 0,5% dari berat minyak yang dihasilkan setelah proses pemucatan (Ketaren, 1986). *Bleaching* dilakukan dengan memasukkan CCO ke dalam tangki *bleacher* (T-102). *Bleaching* CCO dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 110°C, disertai *bleaching earth* yang diumpankan dari *screw conveyer* (SC-102). Proses ini diikuti oleh proses pengadukan, yang dimaksudkan untuk memudahkan *bleaching earth* untuk mengikat seluruh zat-zat terlarut dan zat-zat koloid serta memudahkan proses pemucatan CCO. Setelah CCO melewati tahap pencucian, CCO

dilanjutkan ke tahap filtrasi, di mana CCO disaring dengan menggunakan *leaf filter press* (FLP-101).

Tujuan filtrasi adalah untuk mendapatkan BCO (*bleached corn oil*) yang benar-benar bebas dari *bleaching earth*, gum, logam, dan kotoran lainnya. Partikel dari *bleaching earth* akan terjebak di *filter leaf* yang ada pada *leaf filter press*. Proses filtrasi tersebut dilakukan dengan pemberian tekanan pada BCO sehingga *bleaching earth* akan terendapkan pada *filter leaf*, minyak yang lebih murni dilewatkan melalui saluran keluaran di bagian bawah *filter leaf*. Hasil filtrasi ditampung di tangki akumulator (T-103), dan BCO diumpankan ke dalam reaktor netralisasi (R-101) untuk mengurangi tingkat FFA dalam minyak.

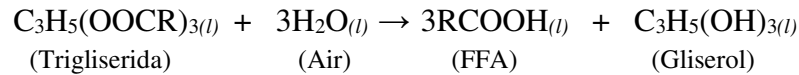
B. Proses Netralisasi

Tujuan netralisasi adalah untuk mengurangi jumlah asam lemak bebas dan zat asam yang menjadi sabun di dalam minyak. Proses netralisasi dilakukan dalam perencanaan pabrik minyak jagung ini dengan menggunakan *caustic soda* (NaOH). Netralisasi dengan *caustic soda* banyak digunakan di industri karena lebih murah dan lebih efisien daripada metode netralisasi lainnya. Penggunaan *caustik soda* juga membantu mengurangi zat warna dan kotoran yang berupa getah dan lendir dalam minyak.

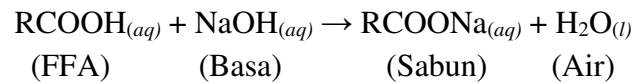
Minyak ditransfer dari tangki akumulator (T-103) ke dalam reaktor netralisasi (R-101). Reaksi hidrolisis dan reaksi netralisasi merupakan reaksi yang terjadi di reaktor netralisasi. Reaksi hidrolisis disebabkan oleh reaksi senyawa air dengan

trigliserida yang menghasilkan FFA dan gliserol dengan konversi reaksi 0,65%.

Berikut reaksi hidrolisis yang terjadi pada reaktor netralisasi:



Reaksi senyawa FFA dengan basa NaOH menghasilkan sabun dengan konversi 94%. Proses netralisasi, atau penetralan pH pada minyak, dilakukan dengan mereaksikan ALB pada CCO dengan NaOH. Konsentrasi NaOH untuk minyak dengan ALB 2,5%, yaitu 16,1% NaOH. Sebagian kecil minyak juga bereaksi selama reaksi netralisasi. Adapun reaksi pada proses netralisasi sebagai berikut:



Soap stock yang terbentuk kemudian dipisahkan dengan alat *centifuge* (DC-101).

C. Proses Pemisahan

Minyak dipisahkan dengan komponen-komponen pengotor dari hasil reaksi netralisasi sebelum dimasukkan ke alat pendingin (*cooler*). Setelah proses penghilangan kadar air, minyak kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (CO-101) untuk menurunkan suhu dari minyak jagung. Selanjutnya minyak jagung yang bersuhu rendah disimpan pada tangki penampungan minyak jagung (T-104).

D. Proses Pengemasan

Minyak jagung yang telah dihasilkan dari proses pemurnian kemudian dikemas atau dibungkus secara steril untuk menghindari kontaminasi ataupun kerusakan

BAB III

NERACA MASSA

Neraca massa dalam perancangan pabrik adalah salah satu aspek penting dalam rekayasa proses yang bertujuan untuk memastikan bahwa jumlah massa yang masuk ke dalam suatu sistem sama dengan jumlah massa yang keluar, dengan memperhitungkan massa yang mungkin disimpan dalam sistem. Prinsip ini didasarkan pada hukum kekekalan massa, yang menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat diubah bentuknya.

Kapasitas produksi : 3.000 Ton/Tahun

Bahan baku : Biji Jagung

Produksi : Minyak Jagung

Perhitungan neraca massa pabrik minyak jagung dari biji jagung dilakukan atas dasar:

Basis umpan masuk : 1000 Kg/Jam

Satuan : Kg/Jam

Waktu operasi : 330 Hari/Tahun

Jam operasi : 24 Jam/Hari

Kapasitas produksi : 3.000 Ton/Tahun

$$= \frac{3.000 \text{ Ton}}{1 \text{ Tahun}} \times \frac{1.000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ Hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}}$$

$$= 378,788 \text{ Kg/Jam}$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa dengan basis biji jagung 1.000 Kg/Jam, diperoleh produksi minyak jagung sebesar 47,195 Kg/Jam. Maka dari itu, faktor pengali (fp) harus dicari terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} \text{Faktor pengali (fp)} &= \frac{\text{Produksi minyak berdasarkan perhitungan kapasitas}}{\text{Produksi minyak berdasarkan basis}} \\ &= \frac{378,788}{47,195} \\ &= 8,025998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas biji jagung (aktual)} &= \text{Basis perhitungan biji jagung} \times \text{fp} \\ &= 1.000 \text{ Kg/Jam} \times 8,025998 \\ &= 8.025,998 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

Komposisi umpan biji menurut Suarni dan Widowati (2007) dalam Thursina, AR & Bilqis, N (2019) dapat dilihat pada Tabel A.1 berikut:

Tabel 3. 1 Komposisi Biji Jagung

No.	Komponen	Jumlah (%)
1.	Air	10,5
2.	Abu	1,7
3.	Protein	10,3
4.	Serat Kasar	2,2
5.	Minyak Jagung	5
6.	Karbohidrat	70,3

Adapun komposisi minyak jagung dapat dilihat pada Tabel A.2 berikut:

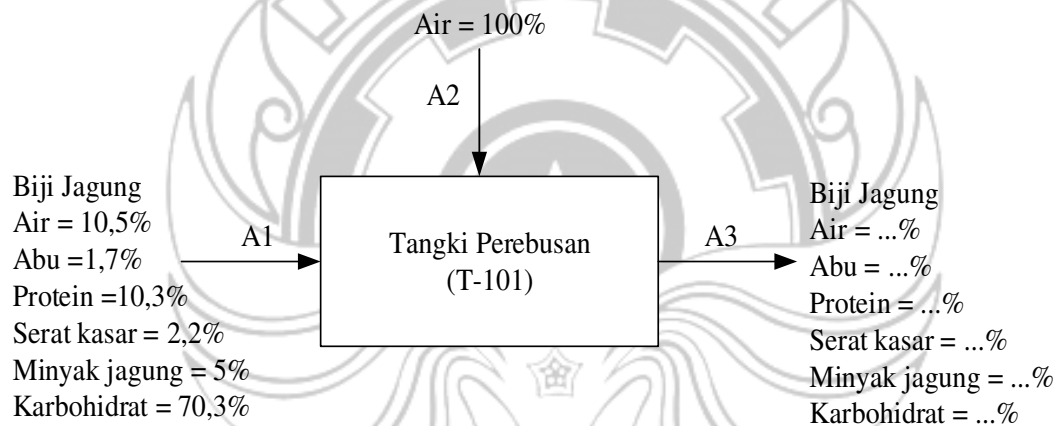
Tabel 3. 2 Komposisi Minyak Jagung

No.	Komponen	Jumlah (%)
1.	Trigliserida	95,2
2.	FFA	2,5
3.	Fosfolipid	1

No.	Komponen	Jumlah (%)
4.	Fitosterol	1,2
5.	Tokoferol	0,1

3.1 Tangki Perebusan (T-101)

Tangki perebusan berfungsi sebagai tempat untuk melunakkan serta menghilangkan kuman yang terdapat pada bahan baku biji jagung. Aliran masuk dan keluar unit dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Neraca Massa Tangki Perebusan (T-101)

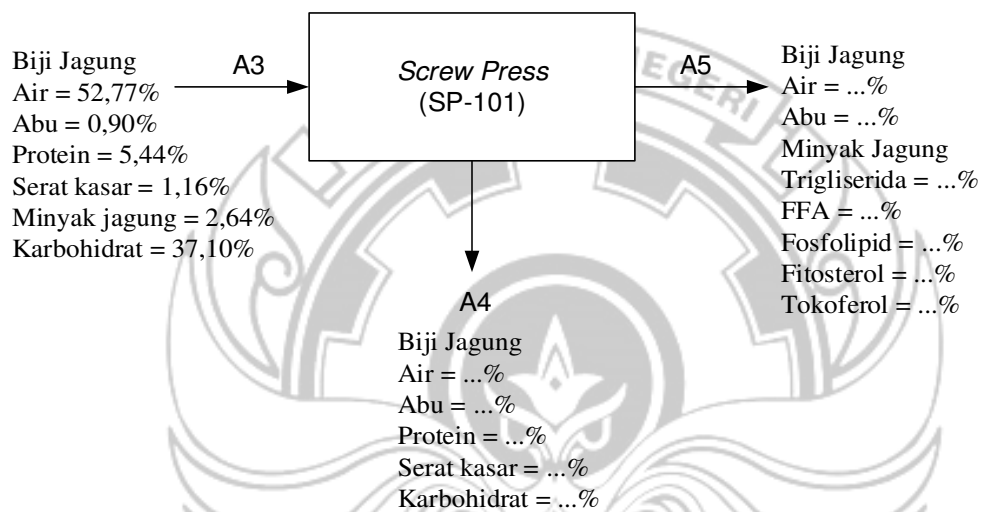
Tabel 3. 3 Neraca Massa Tangki Perebusan (T-101)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A1 (Masuk)			A3 (Keluar)		
Air	10,5	105	Air	52,770	1000
Abu	1,7	17	Abu	0,897	17
Protein	10,3	103	Protein	5,435	103
Serat Kasar	2,2	22	Serat Kasar	1,161	22
Minyak Jagung	5	50	Minyak Jagung	2,639	50
Karbohidrat	70,3	703	Karbohidrat	37,098	703
Total		1000			

A2 (Masuk)			
H ₂ O	100	895	
Total	1895	Total	1895

3.2 Screw Press (SP-101)

Screw press berfungsi untuk mengepres biji jagung yang telah lunak hingga diperoleh minyak mentah (*crude corn oil*) dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Neraca Massa *Screw Press* (SP-101)

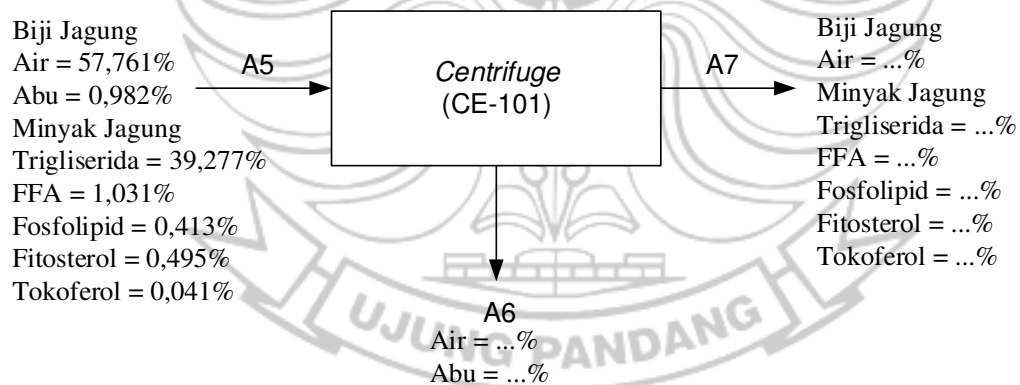
Tabel 3. 4 Neraca Massa *Screw Press* (SP-101)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A3 (Masuk)			A4 (Keluar)		
Air	52,770	1000	Air	52,430	930
Abu	0,897	17	Abu	0,891	15,810
Protein	5,435	103	Protein	5,807	103
Serat Kasar	1,161	22	Serat Kasar	1,240	22
Minyak Jagung	2,639	50	Karbohidrat	39,632	703
Karbohidrat	37,098	703	Total	100	1773,810
			A5 (Keluar)		
			Air	57,761	70

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
			Abu	0,982	1,190
			Minyak Jagung		
			Trigliserida	39,277	47,600
			FFA	1,031	1,250
			Fosfolipid	0,413	0,500
			Fitosterol	0,495	0,600
			Tokoferol	0,041	0,050
			Total	100	121,900
Total		1895	Total		1895

3.3 Centrifuge (C-101)

Centrifuge digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan yakni *crude corn oil* dengan sisa-sisa ampas yang masih terbawa. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Neraca Massa Centrifuge (CE-101)

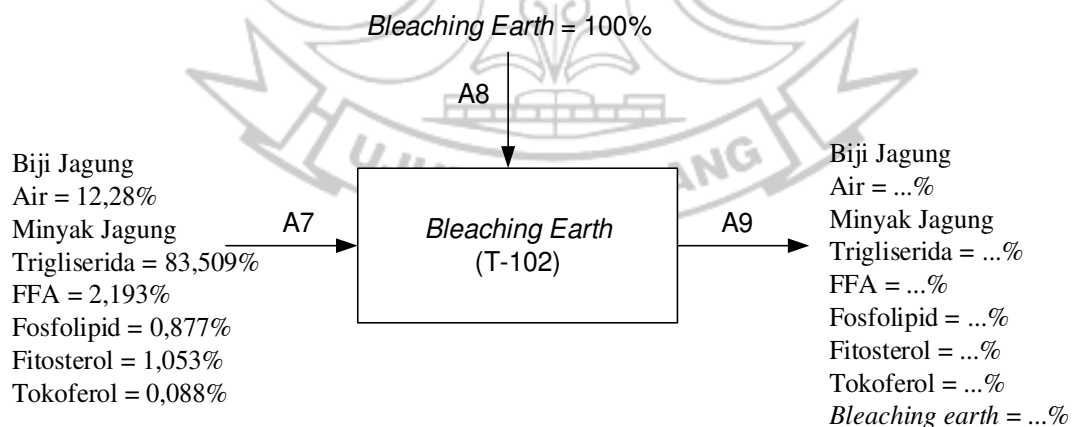
Tabel 3. 5 Neraca Massa Centrifuge (CE-101)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
	A5 (Masuk)			A6 (Keluar)	
Air	57,761	70,000	Air	98,146	63,000

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
Abu	0,982	1,190	Abu	1,854	1,190
Minyak Jagung			Total	100	64,190
Trigliserida	39,277	47,600	A7 (Keluar)		
FFA	1,031	1,250	Air	12,281	7
Folifosfid	0,413	0,500	Minyak Jagung		
Fitosterol	0,495	0,600	Trigliserida	83,509	47,600
Tokoferol	0,041	0,050	FFA	2,193	1,250
			Fosfolipid	0,877	0,500
			Fitosterol	1,053	0,600
			Tokoferol	0,088	0,050
			Total	100,00	57,00
Total		121,190	Total		121,190

3.4 Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Bleaching Earth digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang sekaligus menjernihkan minyak jagung yang akan dihasilkan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Neraca Massa *Bleaching Earth* (T-102)

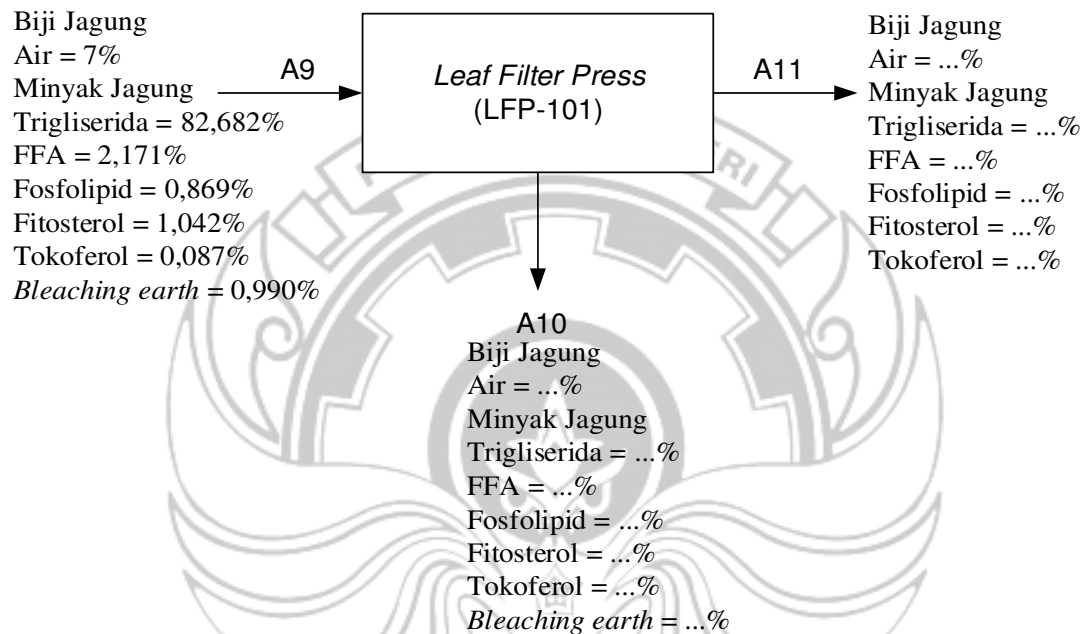
Tabel 3. 6 Neraca Massa Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A7 (Masuk)			A9 (Keluar)		
Air	12,281	7	Air	12,159	7
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	83,509	47,600	Trigliserida	82,682	47,600
FFA	2,193	1,250	FFA	2,171	1,250
Fosfolipid	0,877	0,500	Fosfolipid	0,869	0,500
Fitosterol	1,053	0,600	Fitosterol	1,042	0,600
Tokoferol	0,088	0,050	Tokoferol	0,087	0,050
Total		57	Bleaching Earth	0,990	0,570
A8 (Masuk)					
Bleaching Earth	1	0,570			
Total		57,570	Total		57,570



3.5 Leaf Filter Press (LFP-101)

Leaf Filter Press digunakan untuk memisahkan *bleaching earth* yang terikut pada minyak setelah melalui tangki *bleaching earth*. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5 Neraca Massa *Leaf Filter Press* (LFP-101)

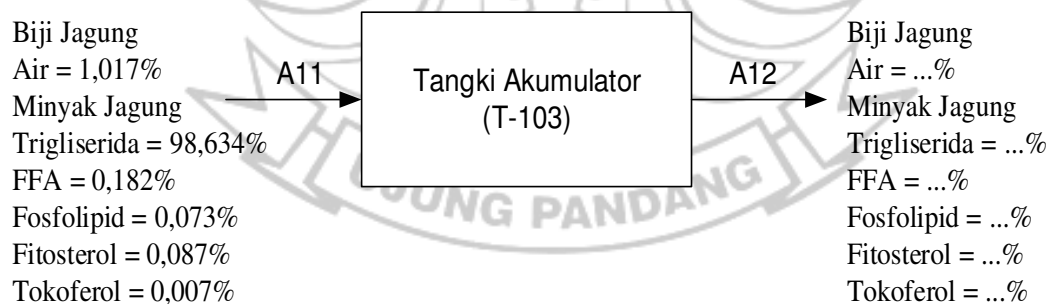
Tabel 3. 7 Neraca Massa *Leaf Filter Press* (LFP-101)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A9 (Masuk)			A10 (Keluar)		
Air	12,159	7	Air	69,202	6,510
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	82,682	47,600	Trigliserida	1,012	0,095
FFA	2,171	1,250	FFA	12,358	1,163
Fosfolipid	0,869	0,500	Fosfolipid	4,943	0,465
Fitosterol	1,042	0,600	Fitosterol	5,932	0,558
Tokoferol	0,087	0,050	Tokoferol	0,494	0,0465

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
Bleaching Earth	0,990	0,570	Bleaching Earth	6,059	0,570
			Total	100	9,407
			A11 (Keluar)		
			Air	1,017	0,490
			Minyak Jagung		
			Trigliserida	98,634	47,505
			FFA	0,182	0,087
			Fosfolipid	0,073	0,035
			Fitosterol	0,087	0,042
			Tokoferol	0,007	0,0035
			Total	100	48,163
Total		57,570	Total		57,570

3.6 Tangki Akumulator (T-103)

Tangki akumulator digunakan sebagai tempat penampungan minyak sementara setelah melalui proses pemisahan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Neraca Massa Tangki Akumulator (T-103)

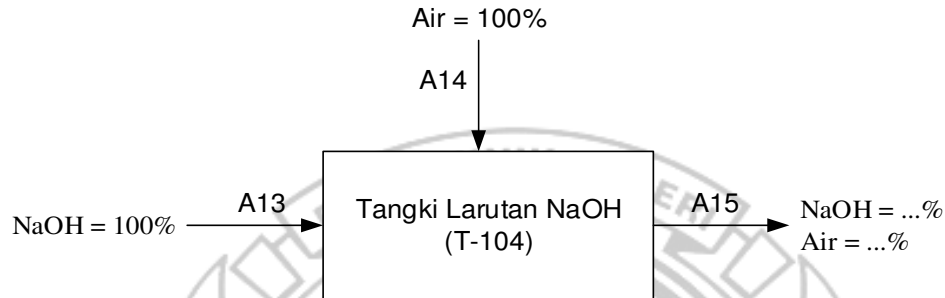
Tabel 3. 8 Tangki Akumulator (T-103)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
	A11 (Masuk)			A12 (Keluar)	
Air	1,017	0,49	Air	1,017	0,49
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	98,634	47,5048	Trigliserida	98,634	47,505
FFA	0,182	0,0875	FFA	0,182	0,087
Fosfolipid	0,073	0,035	Fosfolipid	0,073	0,035
Fitosterol	0,087	0,042	Fitosterol	0,087	0,042
Tokoferol	0,007	0,0035	Tokoferol	0,007	0,004
Total		48,163	Total		48,163



3.7 Tangki Larutan NaOH (T-104)

Tangki larutan NaOH digunakan untuk melarutkan NaOH padatan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Neraca Massa Tangki Larutan NaOH (T-104)

Tabel 3. 9 Neraca Massa Tangki Larutan NaOH (T-104)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A13 (Masuk)			A15 (Keluar)		
NaOH	100	0,015	NaOH	16,600	0,015
A14 (Masuk)			Air	83,400	0,073
Air	100	0,073			
Total		0,087	Total		0,087

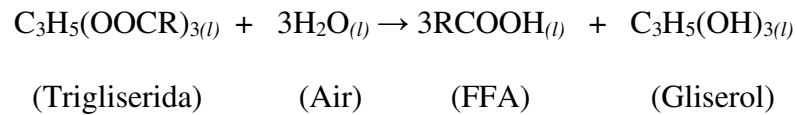
3.8 Reaktor Netralisasi (R-108)

Reaktor Netralisasi berfungsi untuk menetralkan pH minyak. FFA (free fatty acid) bereaksi dengan NaOH dan menghasilkan sabun. Terdapat 2 reaksi yang terjadi dalam reaktor ini, yakni reaksi hidrolisis dan reaksi netralisasi.

- Reaksi Hidrolisis

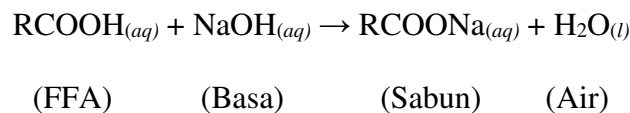
Reaksi hidrolisis yang terjadi dalam reaktor merupakan reaksi trigliserida dengan air membentuk gliserol dan FFA (free fatty acid).

Adapun reaksi hidrolisis sebagai berikut:

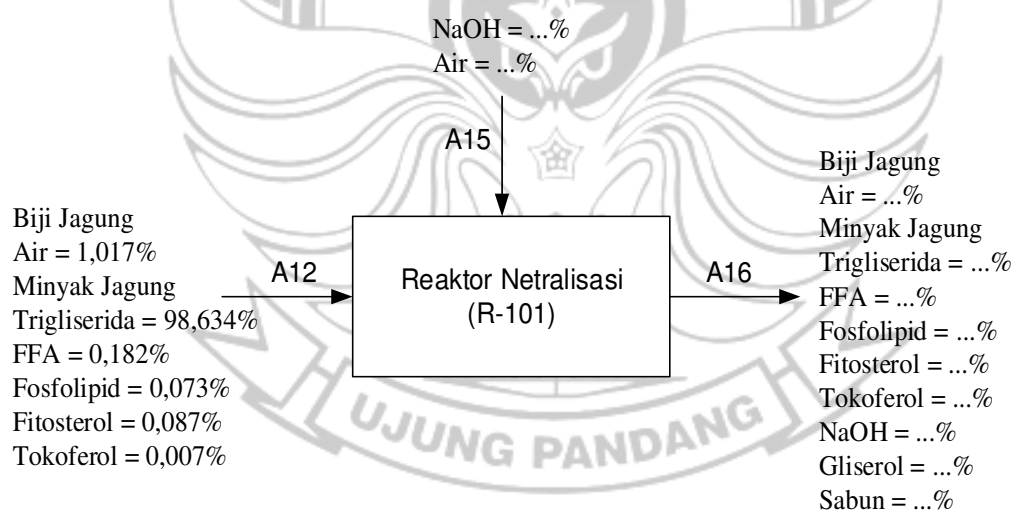


- Reaksi Netralisasi

Reaksi netralisasi yang terjadi dalam reaktor merupakan senyawa FFA bereaksi dengan larutan NaOH dan membentuk sabun. Adapun reaksi netralisasi sebagai berikut:



Aliran massa masuk dan keluar pada reactor netralisasi dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-101)

Tabel 3. 10 Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-101)

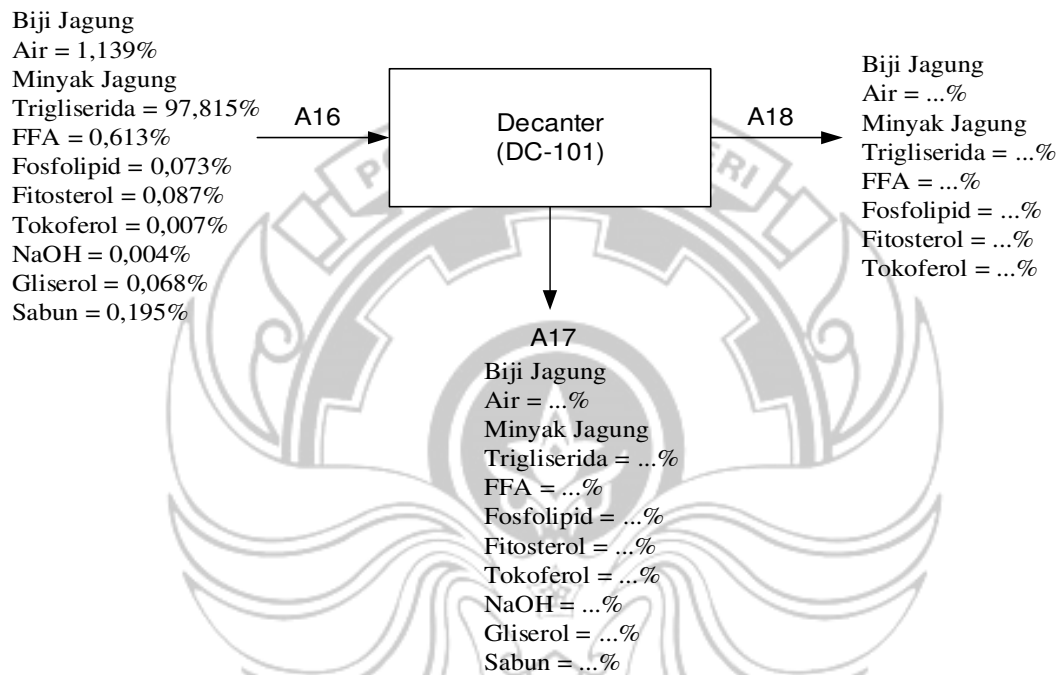
Komponen	Fraksi	Massa	Komponen	Fraksi	Massa
----------	--------	-------	----------	--------	-------

	(%)	(Kg/Jam)		(%)	(Kg/Jam)
A12 (Masuk)			A16 (Keluar)		
Air	1,017	0,49	Air	1,139	0,549
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	98,634	47,505	Trigliserida	97,815	47,196
FFA	0,182	0,087	FFA	0,613	0,296
Fosfolipid	0,073	0,035	Fosfolipid	0,073	0,035
Fitosterol	0,087	0,042	Fitosterol	0,087	0,042
Tokoferol	0,007	0,004	Tokoferol	0,007	0,004
Total		48,163	NaOH	0,004	0,002
A15 (Masuk)			Gliserol	0,068	0,033
NaOH	16,600	0,015	Sabun	0,195	0,094
Air	83,400	0,073			
Total		0,087			
Total		48,250	Total		48,250



3.9 Decanter (DC-101)

Dekanter merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan fase liquid-liquid dengan perbedaan kelarutan dan densitas (Saputro et.al. 2021) Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Neraca Massa *Decanter* (DC-101)

Tabel 3. 11 Neraca Massa *Decanter* (DC-101)

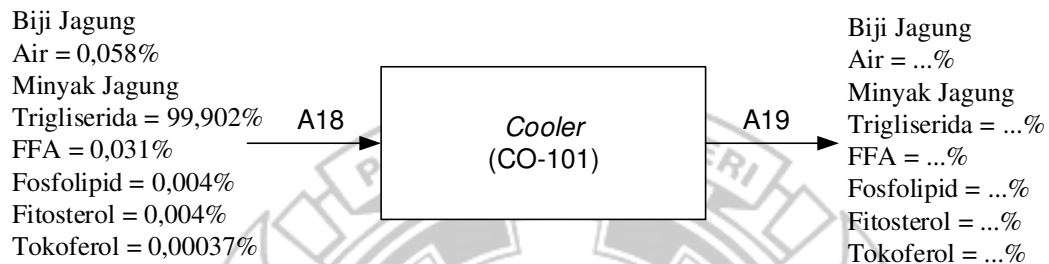
Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A16 (Masuk)			A17 (Keluar)		
Air	1,139	0,549	Air	49,470	0,522
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	97,815	47,196	Trigliserida	4,473	0,047
FFA	0,613	0,296	FFA	26,626	0,281
Fosfolipid	0,073	0,035	Fosfolipid	3,151	0,033
Fitosterol	0,087	0,042	Fitosterol	3,781	0,040

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
Tokoferol	0,007	0,004	Tokoferol	0,315	0,003
NaOH	0,004	0,002	NaOH	0,188	0,002
Gliserol	0,068	0,033	Gliserol	3,091	0,033
Sabun	0,195	0,094	Sabun	8,905	0,094
			Total		1,055
			A18 (Keluar)		
			Air	0,058	0,027
			Minyak Jagung		
			Trigliserida	99,902	47,149
			FFA	0,031	0,015
			Fosfolipid	0,004	0,002
			Fitosterol	0,004	0,002
			Tokoferol	0,000	0,000
			Total		47,195
Total		48,250	Total		48,250



3.10 Cooler (CO-101)

Cooler merupakan alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu minyak jagung sebelum disimpan ke dalam tangki penampungan akhir. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Neraca Massa *Cooler* (CO-101)

Tabel 3. 12 Neraca Massa *Cooler* (CO-101)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A18 (Masuk)			A19 (Keluar)		
Air	0,058	0,027	Air	0,058	0,027
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	99,902	47,149	Trigliserida	99,902	47,149
FFA	0,031	0,015	FFA	0,031	0,015
Fosfolipid	0,004	0,002	Fosfolipid	0,004	0,002
Fitosterol	0,004	0,002	Fitosterol	0,004	0,002
Tokoferol	0,00037	0,0002	Tokoferol	0,00037	0,0002
Total		47,195	Total		47,195

3.11 Tangki Penampungan Minyak (T-105)

Tangki penampungan minyak berfungsi sebagai tempat penyimpanan akhir minyak jagung sebelum didistribusikan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Neraca Massa Tangki Penyimpanan Minyak (T-105)

Tabel 3. 13 Neraca Massa Tangki Penyimpanan Minyak (T-105)

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A19 (Masuk)			A20 (Akhir)		
Air	0,058	0,027	Air	0,058	0,027
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	99,902	47,149	Trigliserida	99,902	47,149
FFA	0,031	0,015	FFA	0,031	0,015
Fosfolipid	0,004	0,002	Fosfolipid	0,004	0,002
Fitosterol	0,004	0,002	Fitosterol	0,004	0,002
Tokoferol	0,0004	0,0002	Tokoferol	0,0004	0,0002
Total		47,195	Total		47,195

BAB IV

NERACA PANAS

Neraca panas atau neraca energi adalah perhitungan yang digunakan untuk melacak dan mengelola aliran energi dalam suatu sistem. Dalam konteks teknik atau termodinamika, neraca energi memastikan bahwa energi yang masuk ke dalam sistem sama dengan energi yang keluar, sesuai dengan hukum kekekalan energi (energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat diubah bentuknya). Tujuan dari neraca panas (heat balance) adalah untuk menganalisis dan mengoptimalkan distribusi energi dalam suatu sistem, terutama dalam proses termal. Berikut adalah beberapa tujuan utama neraca panas:

1. Menghitung efisiensi energi
2. Mengidentifikasi sumber-sumber kehilangan energi
3. Merancang dan mengoptimalkan proses
4. Memastikan keseimbangan energi
5. Memperkirakan kebutuhan energi

Perhitungan neraca energi pada pabrik minyak jagung dari biji jagung dilakukan atas dasar:

Kapasitas : 3.000 Ton/Tahun

Satuan energi : kJ/Jam

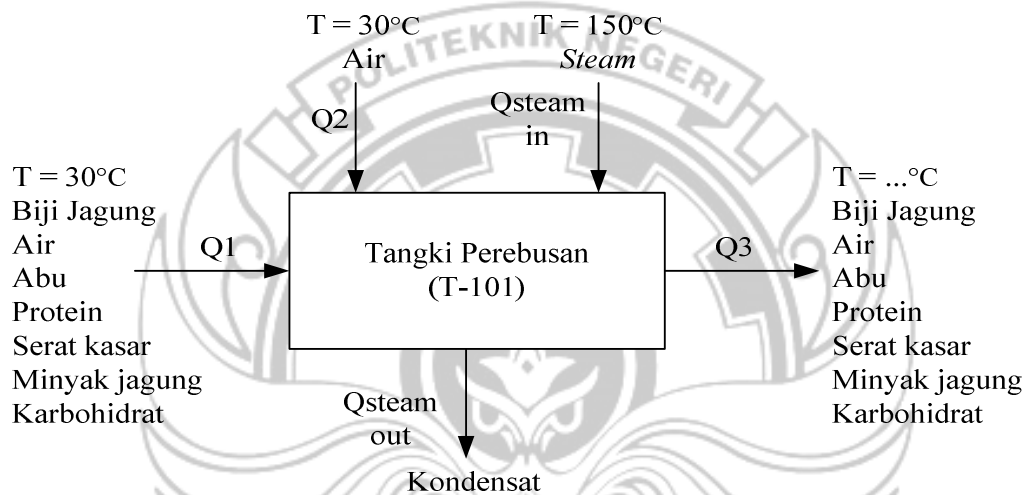
Suhu referensi : 298,15 K (25°C)

Tekanan : 1 Atm

Proses : *Steady State*

4.1 Tangki Perebusan (T-101)

Tangki perebusan berfungsi sebagai tempat untuk melunakkan serta menghilangkan kuman yang terdapat pada bahan baku biji jagung. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.1.



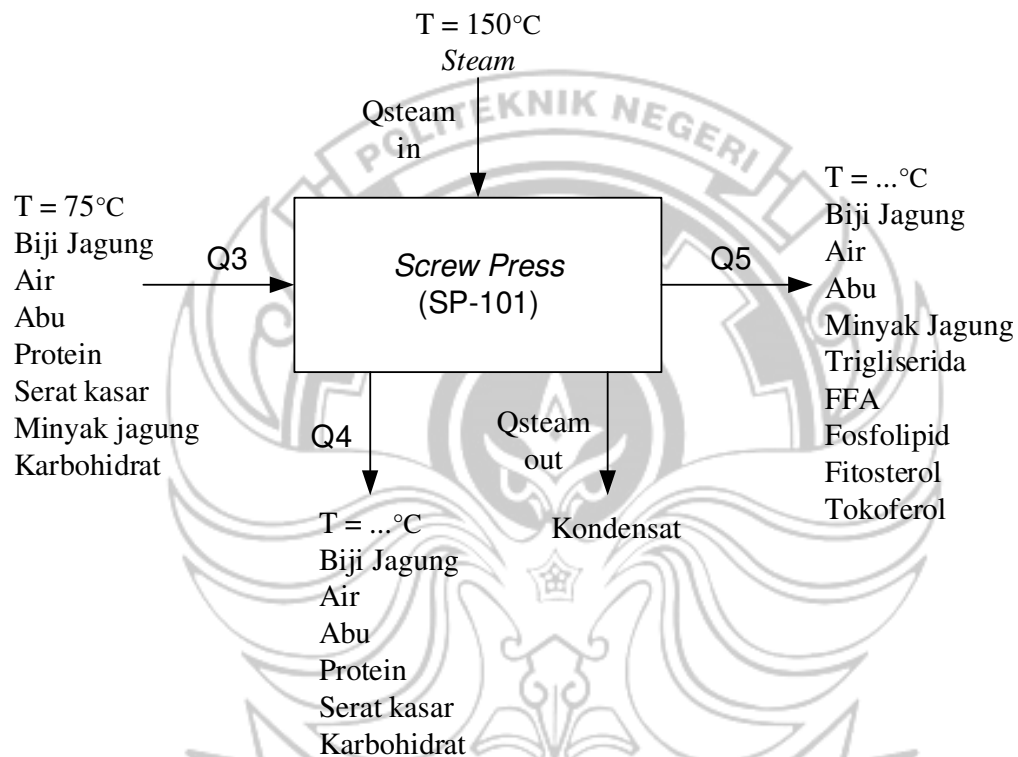
Gambar 4. 1 Neraca Energi Tangki Perebusan (T-101)

Tabel 4. 1 Neraca Energi Tangki Perebusan (T-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)			Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q1	Q2	Qsteam	Q3	Qsteam
Air	309000.486	2633861.282	36658005.695	30140000.566	8440127.27
Abu	1318.986			14202.703	
Protein	9984.105			104511.351	
Serat Kasar	2411.831			25735.030	
Minyak Jagung	17846.784			183435.504	
Karbohidrat	74173.835			798590.582	
Total	414736.027	2633861.282	36658005.695	31266475.736	8440127.27
		39.706.603		39.706.603	

4.2 Screw Press (SP-102)

Screw press berfungsi untuk mengepres biji jagung yang telah lunak hingga diperoleh minyak mentah (*crude corn oil*) dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Neraca Energi *Screw Press* (SP-101)

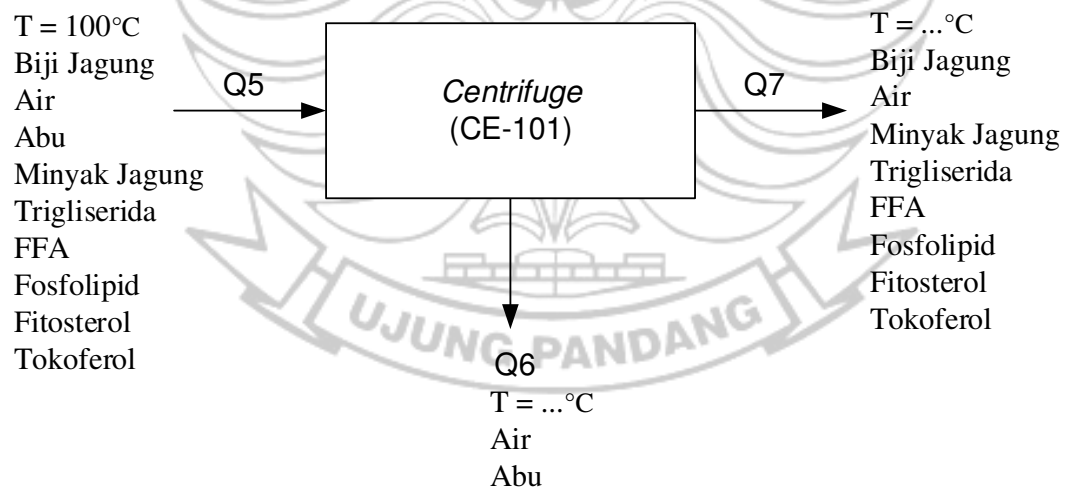
Tabel 4. 2 Neraca Energi *Screw Press* (SP-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar kJ/Jam)		
	Q3	Qsteam	Qsteam	Q4	Q5
Air	30140000.57	20160482.43	4641742.896	42108328.18	3169444.056
Abu	14202.70268			20353.96109	1532.018577
Protein	104511.3511			158549.2501	
Serat Kasar	25735.0304			39465.73324	
Minyak	183435.5044				

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar kJ/Jam)		
	Q3	Qsteam	Qsteam	Q4	Q5
Jagung					
Karbohidrat	798590.5817			1230752.542	
Trigliserida					54139.75243
FFA					1464.594847
Fosfolipid					512.3142213
Fitosterol					621.8156417
Tokoferol					51.05642453
Total	31266475.74	20160482.43	4641742.896	43557449.66	3227765.609
		51426958.17		51426958.17	

4.3 Centrifuge (CE-101)

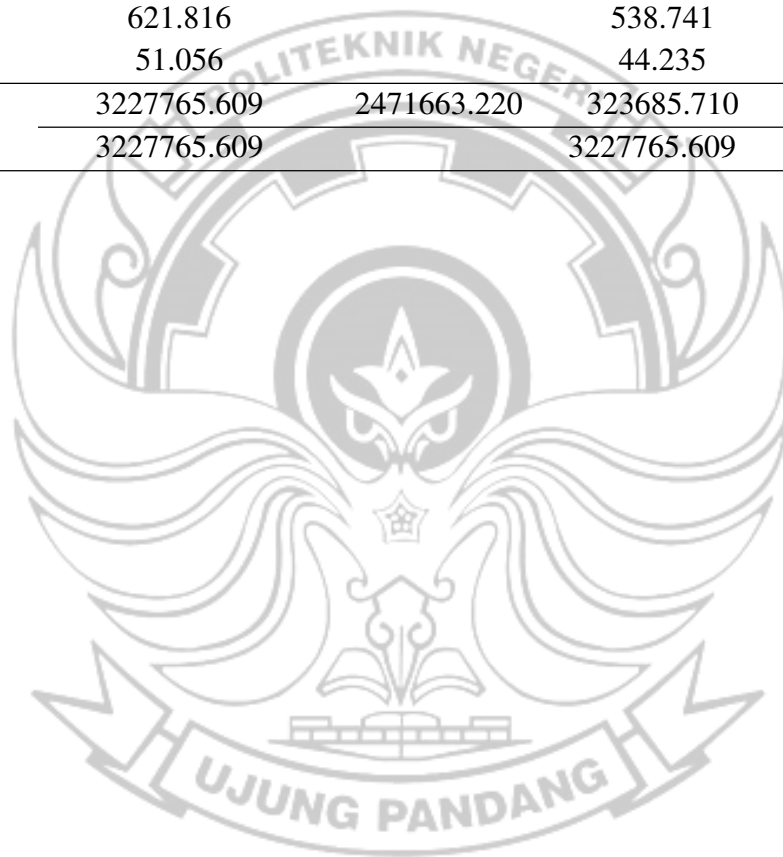
Centrifuge digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan yakni *crude corn oil* dengan sisa-sisa ampas yang masih terbawa. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Neraca Energi Centrifuge (CE-101)

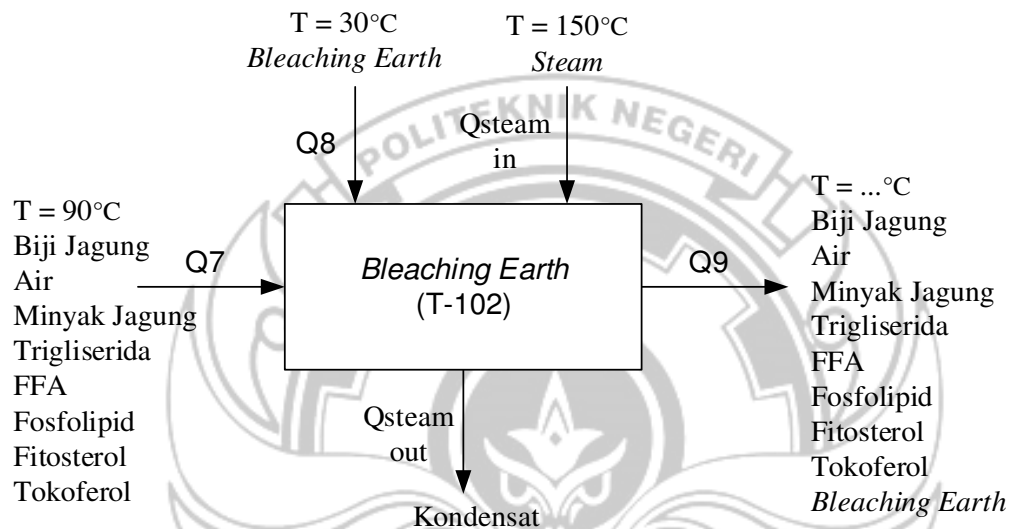
Tabel 4. 3 Neraca Energi *Centrifuge* (CE-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q5	Q6	Q7	Q ^{yang hilang}
Air	3169444.056	2470349.592	274483.288	432416.679
Abu	1532.019	1313.627		
Trigliserida	54139.752		46906.653	
FFA	1464.595		1268.924	
Fosfolipid	512.314		443.869	
Fitosterol	621.816		538.741	
Tokoferol	51.056		44.235	
Total	3227765.609	2471663.220	323685.710	432416.679
	3227765.609		3227765.609	



4.4 Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Bleaching Earth digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang sekaligus menjernihkan minyak jagung yang akan dihasilkan. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Ga

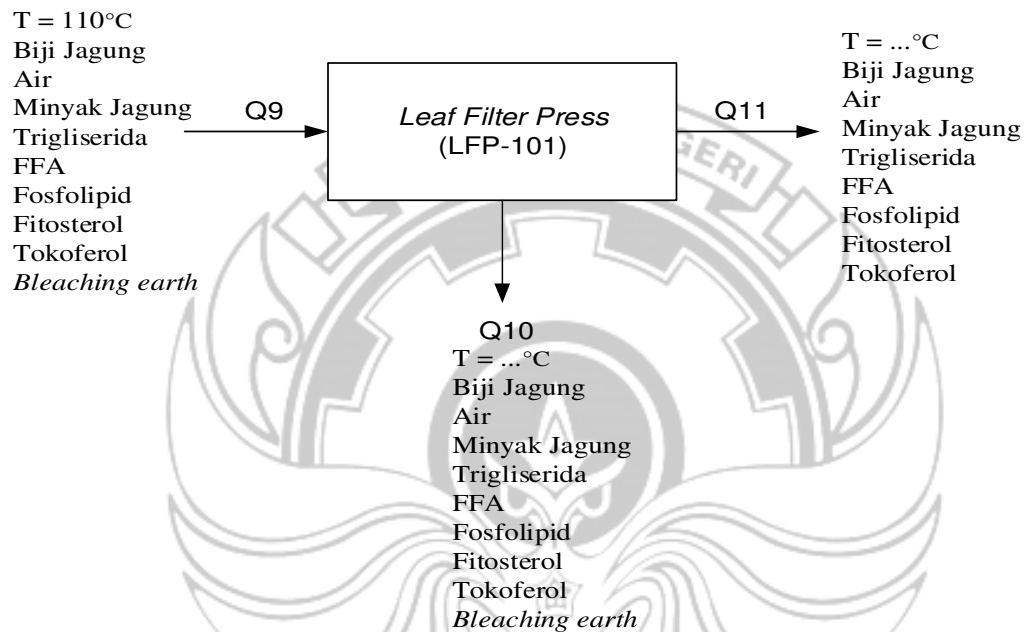
mbar 4. 4 Neraca Energi Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Tabel 4. 4 Neraca Energi Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)			Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q7	Q8	Qsteam	Q9	Qsteam
Air	274483.288		130631.618	359555.635	30076.581
Trigliserida	46906.653			61372.852	
FFA	1268.924			1660.266	
Fosfolipid	443.869			580.760	
Fitosterol	538.741			704.891	
Tokoferol	44.235			57.878	
Bleaching Earth		18.701		327.167	
Total	323685.710	18.701	130631.618	424259.447	30076.581
		454336.029		454336.029	

4.5 Leaf Filter Press (LFP-101)

Leaf Filter Press digunakan untuk memisahkan *bleaching earth* yang terikut pada minyak setelah melalui tangki *bleaching earth*. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.5



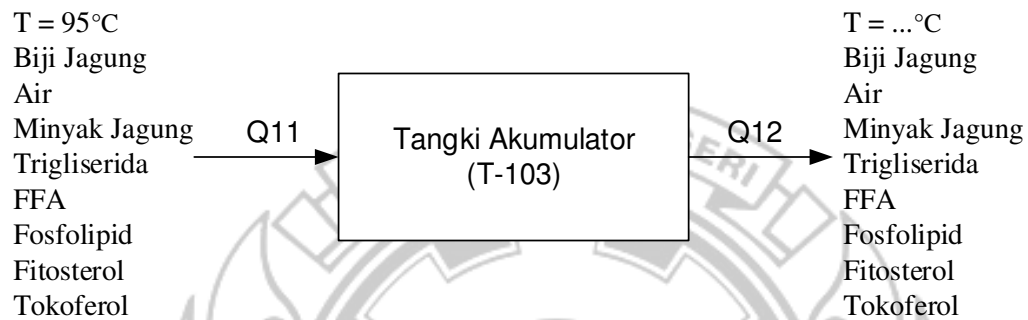
Gambar 4. 5 Neraca Energi *Leaf Filter Press* (LFP-101)

Tabel 4. 5 Neraca Energi *Leaf Filter Press* (LFP-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q9	Q10	Q11	Qyang hilang
Air	359555.635	274998.952	20698.846	75296.342
Trigliserida	61372.852	101.046	50422.156	
FFA	1660.266	1271.086	95.673	
Fosfolipid	580.760	444.625	33.466	
Fitosterol	704.891	539.659	40.619	
Tokoferol	57.878	44.311	3.335	
Bleaching Earth	327.167	269.330		
Total	424259.447	277669.009	71294.096	75296.342
	424259.447		424259.447	

4.6 Tangki Akumulator (T-103)

Tangki akumulator digunakan sebagai tempat penampungan minyak sementara setelah melalui proses pemisahan. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.6.



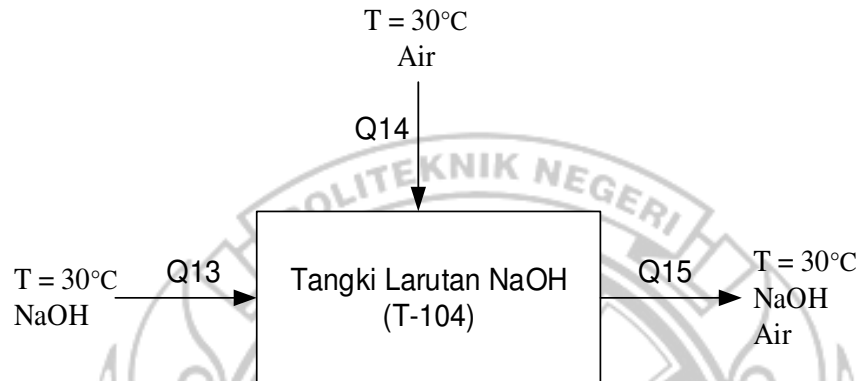
Gambar 4. 6 Neraca Energi Tangki Akumulator (T-103)

Tabel 4. 6 Neraca Energi Tangki Akumulator (T-103)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q11	Q12	Q12	Qyang hilang
Air	20698.846	16249.066		15314.902
Trigliserida	50422.156	39594.206		
FFA	95.673	75.128		
Fosfolipid	33.466	26.280		
Fitosterol	40.619	31.897		
Tokoferol	3.335	2.619		
Total	71294.096	55979.194		15314.902
	71294.096	71294.096		

4.7 Tangki Larutan NaOH (T-104)

Tangki larutan NaOH digunakan untuk melarutkan NaOH padatan. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.7.



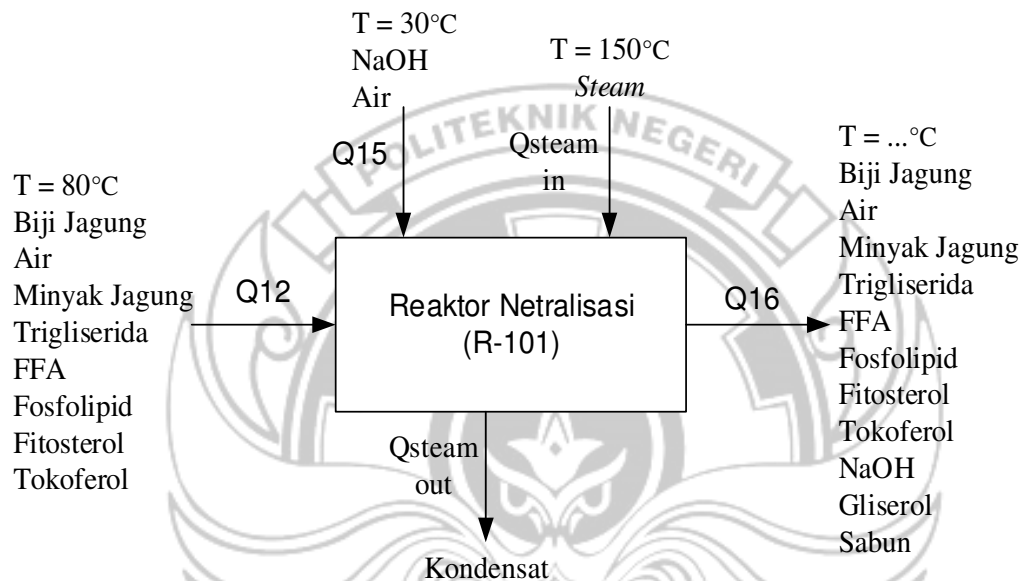
Gambar 4. 7 Neraca Energi Tangki Larutan NaOH (T-104)

Tabel 4. 7 Neraca Energi Tangki Larutan NaOH (T-104)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)
	Q13	Q14	Q15
NaOH	32.385		32.385
Air		214.755	214.755
Total	32.385	214.755	247.141
		247.141	247.141

4.8 Reaktor Netralisasi (R-101)

Reaktor Netralisasi berfungsi untuk menetralkan pH minyak. FFA (free fatty acid) bereaksi dengan NaOH dan menghasilkan sabun. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-101)

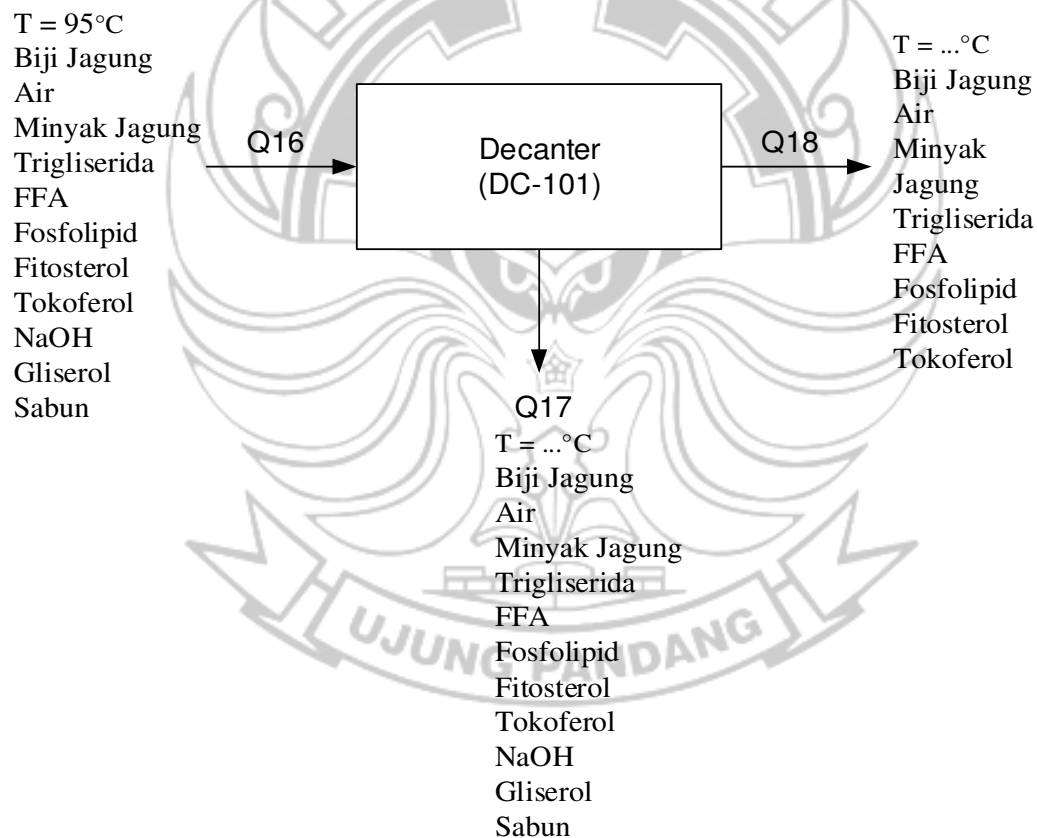
Tabel 4. 8 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-101)

Komponen	Q Masuk (Kj/jam)			Q Keluar (Kj/jam)		
	Q12	Q15	Qsteam	Q16	Qsteam	Q pembentukan
Air	16249.066	214.755	21553.081	23211.136	4962.374	-1114.079
Triglicerida	39594.206			50094.412		
FFA	75.128			323.370		
Fosfolipid	26.280			33.466		
Fitosterol	31.897			40.619		
Tokoferol	2.619			3.335		
NaOH		32.385		64.623		
Gliserol				36.411		
Sabun				123.750		

Komponen	Q Masuk (Kj/jam)			Q Keluar (Kj/jam)		
	Q12	Q15	Q _{steam}	Q16	Q _{steam}	Q _{pembentukan}
Total	55979.194	247.141	21553.081	73931.122	4962.374	-1114.079
	77779.416			77779.416		

4.9 Decanter (DC-101)

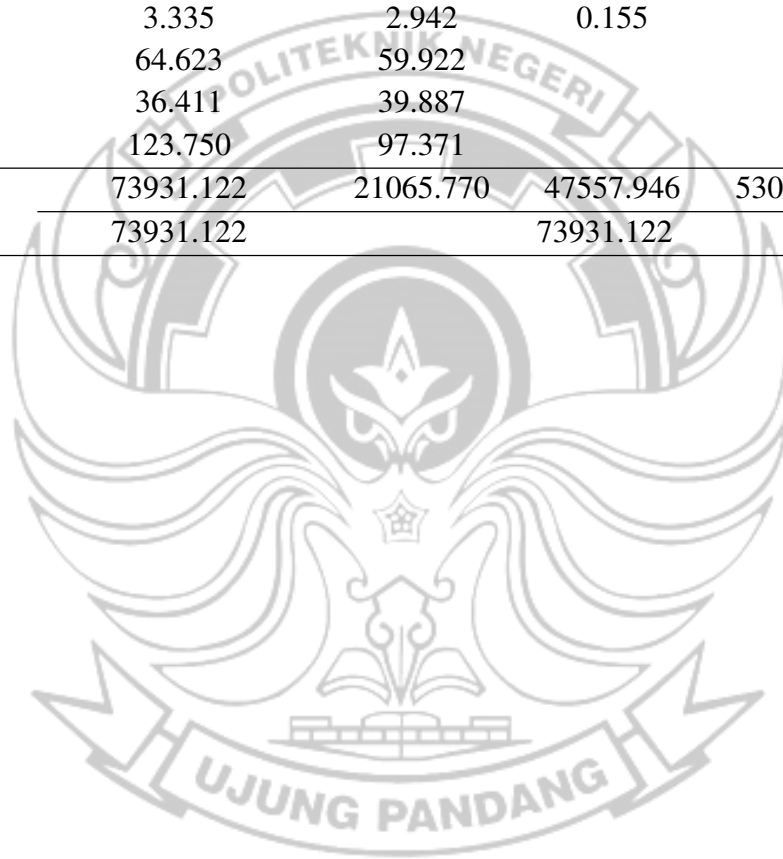
Dekanter merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan fase liquid-liquid dengan perbedaan kelarutan dan densitas. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Neraca Energi *Decanter* (DC-101)

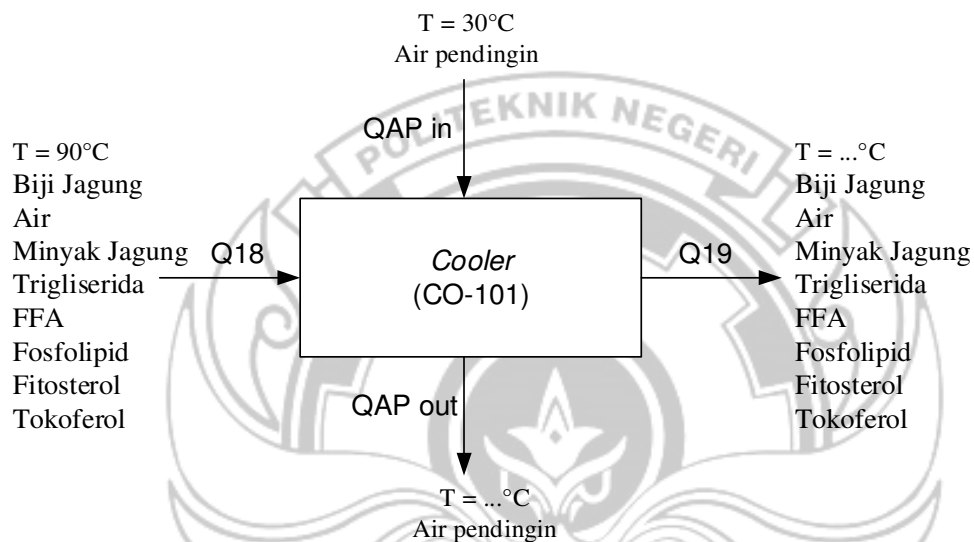
Tabel 4. 9 Neraca Energi *Decanter* (DC-101)

Komponen	Q Masuk (Kj/jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Q16	Q17	Q18	Q ^{yang hilang}
Air	23211.136	20468.585	1077.294	5307.406
Trigliserida	50094.412	46.509	46462.047	
FFA	323.370	285.211	15.011	
Fosfolipid	33.466	29.517	1.554	
Fitosterol	40.619	35.826	1.886	
Tokoferol	3.335	2.942	0.155	
NaOH	64.623	59.922		
Gliserol	36.411	39.887		
Sabun	123.750	97.371		
Total	73931.122	21065.770	47557.946	5307.406
	73931.122		73931.122	



4.10 Cooler (CO-101)

Cooler merupakan alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu minyak jagung sebelum disimpan ke dalam tangki penampungan akhir. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4. 10 Neraca Energi *Cooler* (CO-101)

Tabel 4. 10 Neraca Energi *Cooler* (CO-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q18	QAP	Q19	QAP
Air	1077.294	10670.219	80.851	54671.120
Triglicerida	46462.047		3474.802	
FFA	15.011		1.123	
Fosfolipid	1.554		0.116	
Fitosterol	1.886		0.141	
Tokoferol	0.155		0.012	
Total	47557.946	10670.219	3557.045	54671.120
	58228.165		58228.165	

BAB V

SPEKIFIKASI ALAT

Dalam proses produksi minyak jagung, peralatan-peralatan yang digunakan memainkan peran penting sebagai alat proses dan penunjang untuk mencapai hasil minyak jagung yang diinginkan. Peralatan tersebut, baik yang digunakan untuk proses produksi maupun untuk kebutuhan utilitas, direncanakan sesuai dengan kebutuhan, kapasitas, dan ketersediaan pasar. Spesifikasi peralatan ditetapkan setelah perhitungan neraca massa dan energi, yang merupakan hasil perhitungan yang terdokumentasi dengan detail di lampiran C.

Spesifikasi peralatan proses yang digunakan dalam Prarancangan Pabrik Minyak Jagung dari Biji Jagung adalah sebagai berikut:

5.1 Gudang Bahan Baku

Kode Alat	= G-101
Fungsi	= Menyimpan bahan baku yang berisi biji jagung
Bahan bangunan	= Dasar beton, dinding batako dan atap seng
Bentuk bangunan	= Persegi panjang beratap seng
Tekanan	= 1 atm
Suhu	= 30°C
Jumlah	= 1 unit
Panjang bangunan	= 19 m
Lebar bangunan	= 12 m

Tinggi bangunan = 6 m

5.2 Tangki Perebusan

Kode Alat = T-101

Fungsi = untuk merebus biji jagung sebelum masuk kedalam
screwpress

Bahan = Carbon Steel SA-283 C

Kondisi operasi = P=1 atm dan T=100° C

Jumlah = 1 unit

Tipe tangki = Silinder tegak dan tutup atas berbentuk torispherical dished

Volume tangki = 16 m³

Diameter = 2,159 m = 84,83 ft

Tinggi = 4,70 m

Tebal shell = 1/5 in

Tebal Tutup = 5/16 in

Tinggi Tutup = 0,16 m

Sistem Pemanas

Diameter jaket = 2,413 m

Tinggi jaket = 3,622 m

Luas dilalui steam = 30,760 m²

Kecepatan steam = 0,0168 m/jam

Tebal jaket = 1/4 in

5.3 Screw Press

Kode Alat	= SP-101
Fungsi	= Mengepress minyak yang terkandung dalam biji jagung
Bahan	= Stainless Steel MS-41FK
Jenis alat	= Twin Screw
Kondisi Operasi	= 1 atm
Kapasitas masuk	= 15209,267 kg/jam
Panjang conveyor	= 15 m
Diameter screw	= 9 in = 2,74 m
Diameter kopling	= 1,5 in
Ukuran feed max	= 1,5 in
Kecepatan putaran	= 20 rpm
Power	= 4 Hp = 3,35 kWh

5.4 Centrifuge

Kode	= CE-101
Tipe	= Disk Bowl
Kapasitas	= 0,1-10 gallon/menit
Diameter bowl	= 7 inch
Tenaga motor	= 0,3 hp
Gaya sentrifugal maks. × gravitasi	= 14300
Kecepatan putaran	= 12000 rpm

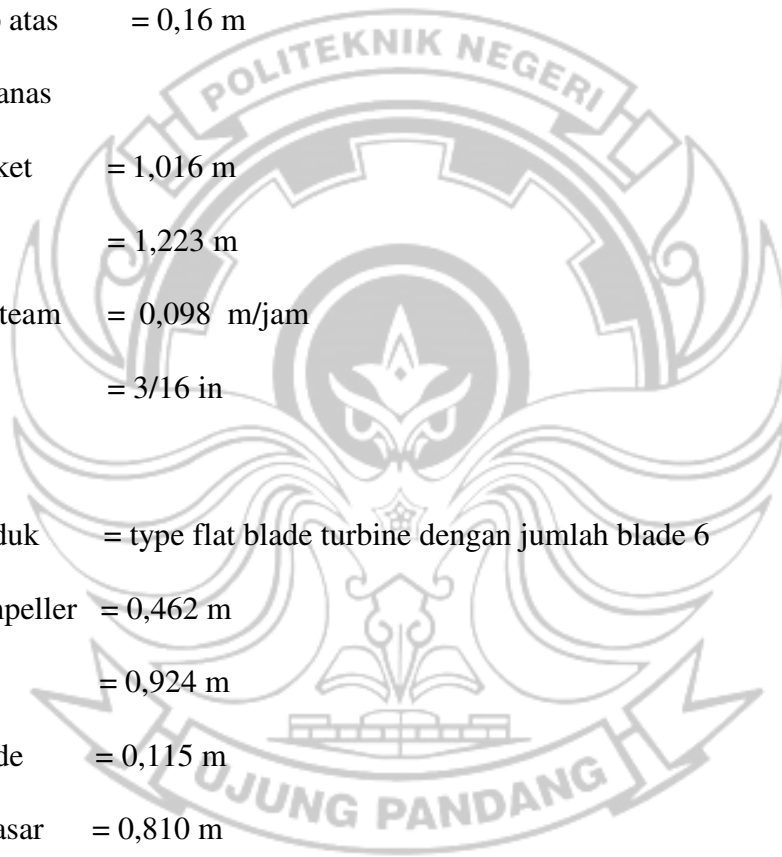
5.5 Gudang Penyimpanan *Bleaching Earth*

Kode Alat	= G-102
Fungsi	= Menyimpan bahan baku yang berisi biji jagung
Bahan bangunan	= Dasar beton, dinding batako dan atap seng
Bentuk bangunan	= Persegi panjang beratap seng
Tekanan	= 1 atm
Suhu	= 30°C
Jumlah	= 1 unit
Panjang bangunan	= 5 m
Lebar bangunan	= 3 m
Tinggi bangunan	= 2 m

5.6 Tangki *Bleaching Earth*

Kode Alat	= T-102
Fungsi	= Tempat proses bleaching dengan bleaching earth
Bahan/konstruksi	= Carbon Steel SA-283 C
Kondisi operasi	= P = 1 atm dan T = 100 °C
Jumlah	= 1 unit
Tipe tangki	= Silinder tegak dengan bagian tutup atas standart dishead dan tutup bagian bawah. Dilengkapi pengaduk
Volume tangki	= 0,606 m ³

Diameter	= 0,728 m
Tinggi tangki	= 1,46 m
Tebal shell	= 3/16 in
Tebal tutup bawah	= 3/16 in
Tebal tutup atas	= 3/16 in
Tinggi tutup atas	= 0,16 m
Sistem Pemanas	
Diameter jaket	= 1,016 m
Tinggi jaket	= 1,223 m
Kecepatan steam	= 0,098 m/jam
Tebal jaket	= 3/16 in
Pengaduk	
Jenis pengaduk	= type flat blade turbine dengan jumlah blade 6
Diameter impeller	= 0,462 m
Lebar blade	= 0,924 m
Panjang blade	= 0,115 m
Jarak dari dasar	= 0,810 m
Power	= 0,36 hp



5.7 Leaf Filter Press

Kode	= LFP-101
Konstruksi	= Carbon Steel SA-283 C
Kondisi operasi	= P = 1 atm dan T = 95 °C
Jumlah	= 1 unit

Tangki (Shell)

Tipe tangka	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical
Volume	= 15 m ³
Diameter	= 1,05 m = 3,4549 ft
Tinggi	= 2,24 m = 7,3469 ft
Tebal shell	= 1/5 in
Tebal tutup bawah	= 1/5 in
Tebal tutup atas	= 1/5 in
Tinggi tutup atas	= 0,13 m
Nozzle outlet	= 1/8 in
Jumlah	= 1 Buah

5.8 Tangki Akumulator

Kode Alat	= T-103
Fungsi	= Penyimpanan sementara sebelum masuk kedalam decanter
Bahan/konstruksi	= Carbon Steel SA-285 C

Kondisi operasi = P=1 atm dan T=95°C

Jumlah = 1 unit

Tangki (shell)

Tipe tangki = Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical

Volume tangki = 23 m³

Diameter = 2,44 m = 7,997 ft

Tinggi tangki = 5,05 m = 14,679 ft

Tebal shell = 1/5 in

Tebal Tutup bawah = 1/5 in

Tebal Tutup atas = 1/5 in

Tinggi Tutup atas = 0,18 m

Nozzle outlet = 1/8 in

5.9 Tangki Larutan NaOH

Kode Alat = T-104

Fungsi = Pengenceran NaOH sebelum masuk ke tangki

Netralisasi

Bahan/konstruksi = Carbon Steel SA-285 C

Kondisi operasi = P = 1 atm dan T= 30° C

Jumlah = 1 unit

Tangki (shell)

Tipe tangki = Silinder tegak dengan tutup atas torispherical

Volume tangki	= 0,135 m ³
Diameter	= 0,5 m = 1,446 ft
Tinggi	= 1,45 m = 4,753 ft
Tebal Shell	= 1/5 in
Tebal Tutup bawah	= 1/5 in
Tebal Tutup atas	= 1/5 in
Tinggi Tutup atas	= 0,13 m
Nozzle outlet	= 1/8 in
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA 285 C
Jumlah	= 1 buah
Tipe pengaduk	= Anchor agitator
Diameter pengaduk	= 0,15 m
Lebar pengaduk	= 0,03 m
Pengaduk dari dasar	= 0,166 m
Panjang daun pengaduk	= 0,037 m
Daya motor	= 0,5 hp

5.10 Reaktor Netralisasi

Kode Alat	= R-101
Fungsi	= Sebagai tempat proses netralisasi
Bahan	= Carbon Steel SA-283 C
Kondisi operasi	= 1 atm

Jumlah = 1 unit

Tangki (shell)

Tipe tangki = Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dishead dan tutup bagian bawah dilengkapi pengaduk

Volume = 1,119 m³

Tinggi Total = 2,2 m = 7,144 ft

Diameter Silinder = 0,89 m = 2,93 ft

Tebal Silinder = 1/8 in

Tebal Tutup bawah = 1/8 in

Tebal Tutup atas = 1/8 in

Tinggi Tutup atas = 0,19 m

Bahan Kontruksi = Carbon steel SA-283 C

Jumlah = 1 buah

Sistem Pendingin

Diameter jaket = 4,82 in

Tinggi jaket = 6,25 ft

Tebal jaket = 0,25 m

Pengaduk

Jenis pengaduk = type flat blade turbine dengan jumlah blade 6

Diameter impeller = 0,977 ft

Lebar blade = 0,195 ft

Panjang blade = 0,244 ft

Jarak dari dasar	= 0,977 ft
Power	= 0,29 hp
Jumlah (unit)	= 1

5.11 *Decanter*

Kode Alat	= DC-101
Fungsi	= Pemurnian produk dari pengotornya
Jenis	= Continous gravity decanter
Bahan	= Stainless steel SA 240 Grade M
Suhu	= 30°C
Tekanan	= 1 atm
Diameter	= 0,346 m
Panjang	= 1,585 m
Tebal dinding	= 0,0351 m
Volumetrik	= 0,132 m ³

5.12 *Cooler*

Kode Alat	= CO-101
Fungsi	= Menurunkan temperatur Minyak jagung menjadi suhu 30°C
Tipe	= <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Panjang Hairpin	= 168 ft
Aliran fluida	= <i>Counter current</i>

Bahan konstruksi = *Carbon steel SA-285 Grade C*

Media pendingin = Air pendingin, 30 °C

Inner pipe = IPS 1 $\frac{1}{4}$

Annulus = IPS 2

Δp inner pipe = 0,450 psi

Δp Annulus = 1,460 psi

5.13 Tangki Penyimpanan Produk

Kode Alat = T-105

Fungsi = Sebagai tempat penyimpanan produk Corn Oil

Bahan/konstruksi = Carbon Steel SA-285 C

Kondisi operasi = P = 1 atm dan T= 30°C

Jumlah = 1 unit

Tangki (shell)

Tipe tangki = Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical

Volume = 22,74 m³

Diameter = 2,44 m = 8 ft

Tinggi = 5,8 m = 18,967 ft

Tebal Shell = 3/16 in

Tebal Tutup bawah = 3/16 in

Tebal Tutup atas = 3/16 in

Tinggi Tutup atas = 0,1364 m

5.14 Screw Conveyor

Fungsi =

1. SC-101 = Mengangkut biji jagung menuju tangki perebusan

2. SC-102 = Mengangkut bleaching earth menuju tangki bleaching

Bahan konstruksi = *carbon steel*

Jumlah = 3 unit

Tekanan operasi = 1 atm

Suhu operasi = 30 °C

Tabel 5. 1 Spesifikasi alat Screw Conveyor 1-3

Screw Conveyor	Diameter <i>flight</i> (in)	Diameter (in)	Diameter Feed section (in)	Kecepatan Putaran (r/min)	Power motor (HP)	Power Standar (HP)	Panjang (ft)
SC-101	10	2 $\frac{1}{2}$	9	55	0,5	0,5	30
SC-102	9	2 $\frac{1}{2}$	6	40	0,04	0,5	15

5.15 Pompa

Jenis : Centrifugal Pump

Temperature : 30°C

Tekanan : 1 atm

Bahan : Carbon Steel

Fungsi :

- P-101 : Mengalirkan hasil dari screw press menuju centrifuge
- P-102 : Mengalirkan hasil dari centrifuge menuju tangki bleaching
- P-103 : Mengalirkan campuran minyak, air dan sisa bleaching earth dari tangki bleaching menuju leaf filter press
- P-104 : Mengalirkan campuran minyak dan air dari leaf filter press menuju tangki akumulator
- P-105 : Mengalirkan larutan NaOH menuju reaktor netralisasi
- P-106 : Mengalirkan campuran minyak, air dan sisa kotoran kedalam decanter
- P-107 : Mengalirkan hasil dari decanter menuju cooler
- P-108 : Mengalirkan minyak jagung dari cooler menuju tangki penyimpanan akhir

Tabel 5. 2 Spesifikasi alat Pompa 1-8

Kode Pompa	Laju alir (Kg/jam)	Nominal Pipe size (ft ²)	Outside Diameter (in)	Schedule Number	Inside Dieiameter (in)	Daya (Hp)	Daya Standar (Hp)
P-101	981,25	1	1,315	40	1,049	0,273	0,3
P-102	462,05	¾	1,050	40	0,824	0,168	0,25
P-103	462,05	1	1,315	40	1,049	0,128	0,25
P-104	378,789	½	0,840	40	0,622	0,092	0,1
P-105	0,702	1/8	0,405	40	0,269	0,1	0,25
P-106	387,256	1 ¼	0,269	40	2,087	0,065	0,1
P-107	378,78	1 ¼	0,269	40	1,62	0,25	0,3
P-108	378,78	1 ¼	0,269	40	0,9344	0,267	0,3

BAB VI

UTILITAS

Utilitas dalam industri adalah unit pendukung proses yang membantu kelancaran operasi pabrik. Utilitas dalam pabrik biasanya meliputi: Air, Kukus (*steam*), Listrik, Bahan bakar. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarananya dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi pabrik. Berdasarkan kebutuhannya, unit-unit utilitas pada pabrik minyak jagung terdiri atas:

1. Unit pengadaan air;
2. Unit pengadaan uap (*steam*);
3. Unit pengadaan tenaga listrik;
4. Unit pengadaan bahan bakar.
5. Unit Pengolahan Limbah

6.1 Unit Pengadaan Air

Dalam proses produksi, air sangat berperan penting baik untuk kebutuhan proses maupun kebutuhan domestik. Kebutuhan air pada pabrik minyak jagung dapat dilihat pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.5 berikut:

a. Kebutuhan Air

Tabel 6. 1 Data kebutuhan air

No	Fasilitas	Jumlah Kebutuhan Air (Kg/Jam)
	Karyawan	
1	118 Karyawan x 60 L/Orang 7080	295
2	Laboratorium	59

No	Fasilitas	Jumlah Kebutuhan Air (Kg/Jam)
	20% dari kebutuhan kantor 1416	
	Kantin	
3	20% dari kebutuhan kantor 1416	59
	Musholla	
4	25% dari kebutuhan kantor 1770	73.75
	Poliklinik	
5	10% dari kebutuhan kantor 708	29.5
	Pemadam Kebakaran	
6	10% dari kebutuhan kantor 708	29.5
	Taman & Keperluan lainnya	
7	15% dari kebutuhan kantor 1062	44.25
Total Kebutuhan Air Sanitasi		590
<i>Over design (10%)</i>		649

b. Kebutuhan Air Proses

Tabel 6. 2 Data kebutuhan air proses

No	Fasilitas	Jumlah Kebutuhan Air (Kg/Jam)
1	Tangki Perebusan	7183.269
2	Tangki Larutan NaOH	0.586
Total Kebutuhan Air Proses		7183.854
<i>Over design (10%)</i>		7902.239943

c. Kebutuhan Air untuk Steam

Tabel 6. 3 Data kebutuhan air untuk steam

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
Tangki perebusan	T-101	13352.519
<i>Screw press</i>	SP-102	7343.368

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan <i>Steam</i> (Kg/Jam)
<i>Bleaching earth</i>	BE-104	47.582
<i>Reaktor Netralisasi</i>	RN-108	7.851
Total		20751.320
Pemanfaatan kondensat 80%		16601.056
<i>Make-up water (steam)</i>		4150.264
<i>Over design (10%)</i>		4565.290

d. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 6. 4 Data kebutuhan air pendingin

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan <i>Steam</i> (Kg/Jam)
1	Cooler	CO-110	9482.953
Total Kebutuhan Air untuk Steam			9482.953
Pemanfaatan Kondensat 80%			7586.362
<i>Make-up Water (steam)</i>			1896.591
<i>Over design (10%)</i>			2086.250

e. Kebutuhan Air Sungai

Tabel 6. 5 Data kebutuhan air sungai

No	Kebutuhan Air	Jumlah Kebutuhan Air (Kg/Jam)
1	Air Sanitasi	649.000
2	Air proses	7902.240
<i>Make-up water (steam + air pendingin)</i>		6651,540
Total kebutuhan air sungai		15202.924

Pengolahan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air pada suatu industri, umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Pada lokasi pengambilan air dibangun fasilitas penampungan air (water intake)

untuk menjamin kelangsungan penyediaan air dan juga merupakan tempat pengolahan awal air sungai. Pengolahan air ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa bersama air. Kemudian air akan dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluan.

Tabel 6. 6 Parameter kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2009

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum			
			Golongan A	Golongan B	Golongan C	Golongan D
FISIKA						
1	Bau	-	-	-	-	-
2	Jumlah zat padat terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000
3	Kekeruhan	Skala NTU	5			
4	Rasa	-				
5	Warna	Skala TCU	15			
6	Suhu	°C	Suhu udara			
7	Daya Hantar Listrik	Umhos/cm				2250
KIMIA Anorganik						
1	Air raksa	mg/L	0.001	0.001	0.002	0.005
2	Aluminium	mg/L	0.2	-		
3	Arsen	mg/L	0.005	0.05	1	1
4	Barium	mg/L	1	1		
5	Besi	mg/L	0.3	5		
6	Florida	mg/L	0.5	1.5	1.5	
7	Kadmium	mg/L	0.005	0.01	0.01	0.01
8	Kesadahan CaCO ₃	mg/L	500			
9	Klorida	mg/L	250	600	0.003	
10	Kromium valensi 6	mg/L	0.005	0.05	0.05	1
11	Mangan	mg/L	0.1	0.5		2
12	Natrium	mg/L	200			60
13	Nitrat sebagai N	mg/L	10	10		
14	Nitrit sebagai N	mg/L	1.0	1	0.06	

15	Perak	mg/L	0.05			
16	Mh		6.5 - 8.5	5 - 9	6 - 9	5 - 9
17	Selenium	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.05
18	Seng	mg/L	5	5	0.02	2
19	Sianida	mg/L	0.1	0.1	0.02	
20	Sulfat	mg/L	400	400		
21	Sulfida sebagai H ₂ S	mg/L	0.05	0.1	0.002	

FISIKA

22	Tembaga	mg/L	1.0	1	0.02	0.1
23	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.03	1
24	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	-	≥6	>3	
25	Nikel	mg/L	-			0.5
26	SAR (Sodium Absortion Ratio)	mg/L	-			1,5 - 2,5

Kimia Organik

1	Aldrin dan dieldrin	mg/L	0.0007	0.017		
2	Benzona	mg/L	0.01			
3	Benzo (a) Pyrene	mg/L	0.00001			
4	Chlordane (total isomer)	mg/L	0.0003			
5	Chlordane	mg/L	0.03	0.003		
6	2,4 D	mg/L	0.10			
7	DDT	mg/L	0.03	0.042	0.002	
8	Detergent	mg/L	0.5			
9	1,2 Dichloroethane	mg/L	0.01			
10	1,1 Dichloroethane	mg/L	0.0003			
11	Heptachlor heptachlor epoxide	mg/L	0.003	0.018		
12	Hexachlorobenzen e	mg/L	0.00001			
13	Lindane	mg/L	0.004	0.056		
14	Metoxychlor	mg/L	0.03	0.035		
15	Pentachlorophenol	mg/L	0.01			

16	Pestisida total	mg/L	0.1			
17	2,4,6 Trichlorophenol	mg/L	0.01			
18	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	10			
19	Endrin	mg/L	-	0.001	0.004	
20	Fenol	mg/L	-	0.002	0.001	
21	Karbon kloroform ekstrak	mg/L	-	0.05		
22	Minyak dan lemak	mg/L	-	Nihil	1	
23	Organofosfat dan carbanat	mg/L	-	0.1	0.1	
24	PCD	mg/L	-	Nihil		
25	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	-	0.5	0.2	
26	Toxaphene	mg/L	-	0.005		
27	BHC	mg/L	-		0.21	
Mikrobiologik						
1	Koliform tinja	Jml/100ml	0	2000		
2	Total koliform	Jml/100ml	3	10000		
Radioaktivitas						
1	Gross Alpha activity	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1
2	Gross Beta activity	Bq/L	1.0	1.0	1.0	1.0

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2009

Keterangan :

Golongan A : Air untuk air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu

Golongan B : Air yang dipakai sebagai bahan baku air minum melalui suatu pengolahan

Golongan C : Air untuk perikanan dan peternakan

Golongan D : Air untuk pertanian dan usaha perkotaan, industri dan PLTA.

Tahap-tahap pengolahan air:

a. Screening

Screening pada air limbah adalah proses penyaringan awal untuk memisahkan material padat besar, seperti sampah, dedaunan, plastik, dan puing-puing, dari air limbah. Proses ini dilakukan untuk melindungi peralatan dan instalasi pengolahan air limbah dari kerusakan, serta untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan berikutnya. Screening biasanya dilakukan dengan menggunakan bar screen atau jaring halus yang memungkinkan air limbah mengalir, tetapi menahan partikel besar.

b. Klarifikasi

Klarifikasi pada clarifier adalah proses pemisahan partikel padat dari cairan, terutama dalam pengolahan air limbah atau air bersih. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan zat-zat padat lainnya yang mengotori air sehingga air yang dihasilkan menjadi lebih jernih dan siap untuk diolah lebih lanjut atau dibuang. Clarifier adalah alat atau tangki besar yang dirancang khusus untuk melakukan proses ini. Cara kerja clarifier melibatkan pemanfaatan gaya gravitasi, di mana partikel padat yang lebih berat akan mengendap di dasar tangki, sementara cairan yang lebih bersih akan tetap di bagian atas dan kemudian dikeluarkan. Partikel padat yang mengendap dikenal sebagai sludge atau lumpur, yang kemudian dikumpulkan dan diproses lebih lanjut.



c. Filtrasi

Filtrasi dengan menggunakan sand filter adalah proses penyaringan air melalui lapisan pasir untuk menghilangkan partikel padat tersuspensi, kotoran, dan bahan organik dari air. Sand filter adalah salah satu metode filtrasi yang paling umum digunakan dalam pengolahan air minum, air limbah, dan aplikasi industri lainnya karena kesederhanaannya dan efektivitasnya. Sand filter bekerja berdasarkan prinsip penyaringan fisik, di mana air mengalir melalui lapisan pasir dengan ukuran butiran tertentu. Saat air melewati media pasir, partikel-partikel kotoran yang lebih besar dari pori-pori pasir akan tertahan di permukaan pasir atau terjebak di dalam lapisan pasir. Air yang sudah bersih akan terus mengalir melewati lapisan pasir hingga keluar melalui bagian bawah filter.

d. Demineralisasi

Demineralisasi dengan menggunakan ion exchanger adalah proses untuk menghilangkan hampir semua ion (baik kation maupun anion) dari air menggunakan resin penukar ion. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan air dengan tingkat kemurnian yang sangat tinggi, bebas dari mineral, garam, dan ion terlarut lainnya. Air yang dihasilkan dari proses ini disebut air demineralisasi atau air bebas ion (deionized water). Ion exchanger adalah teknologi yang memanfaatkan resin khusus yang dapat menukar ion-ion yang ada di dalam air dengan ion yang ada pada resin. Ada dua jenis resin penukar ion yang digunakan dalam demineralisasi:

1. Resin Penukar Kation: Resin ini menukar kation (ion bermuatan positif) seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+), dan besi (Fe^{2+}) yang ada di dalam air dengan ion hidrogen (H^+).
2. Resin Penukar Anion: Resin ini menukar anion (ion bermuatan negatif) seperti klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-), dan bikarbonat (HCO_3^-) dengan ion hidroksida (OH^-).

6.2 Unit Pengadaan Steam

Steam yang digunakan pada prarancangan pabrik minyak jagung ini adalah saturated steam yang berfungsi untuk menukar panas pada aliran yang suhunya dinaikkan. Alat pembangkit steam yang digunakan adalah *boiler* jenis *water tube boiler*. Berdasarkan perhitungan neraca massa dan energi, kebutuhan steam untuk pabrik sebesar 20.751,974 Kg/Jam. Berdasarkan lampiran D untuk boiler diperoleh daya boiler sebesar 1.490,308 hP.

6.3 Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Kebutuhan daya listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), tetapi sebagai cadangan untuk tidak bergantung sepenuhnya pada PLN, maka disediakan satu unit generator diesel (emergency generator diesel/ EGD) yang mampu memenuhi seluruh kebutuhan listrik, kebutuhan tersebut meliputi:

1. Penerangan ke seluruh area pabrik;
2. Listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air; dan
3. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi.

EGD yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar; dan
2. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan menggunakan transformator sesuai dengan kebutuhan.

EGD yang digunakan adalah jenis generator AC, tiga phase yang mempunyai keuntungan:

1. Tenaga listrik lebih stabil;
2. Daya kerja lebih besar;
3. Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit; dan
4. Harganya relatif murah dan sederhana.

Adapun perincian kebutuhan listrik pabrik minyak yakni sebagai berikut:

- Kebutuhan listrik pada peralatan proses

Tabel 6. 7 Data kebutuhan listrik pada peralatan proses

No	Nama Alat	Kode	Total Daya (hP)
1	Screw Press	SP-101	4
2	Centrifuge	CE-101	0.3
3	Tangki Bleaching	TP-102	0.36
4	Tangki NaOH	T-104	0.5
5	Reaktor Netralisasi	R-101	0.29
6	Screw Conveyer I	SC-101	0.5
7	Screw Conveyer II	SC-102	0.04
8	Pompa I	P-101	0.273
9	Pompa II	P-102	0.168
10	Pompa III	P-103	0.128
11	Pompa IV	P-104	0.092
12	Pompa V	P-105	0.1
13	Pompa VI	P-106	0.065

No	Nama Alat	Kode	Total Daya (hP)
14	Pompa VII	P-107	0.25
15	Pompa VIII	P-108	0.267
Total			7.333

Kebutuhan listrik untuk proses (P Proses)

$$\begin{aligned}
 P \text{ Proses} &= 7,333 \text{ hP} \times 745,7 \text{ watt/HP} \\
 &= 5.468,218 \text{ watt} \\
 &= 5,468 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

- Kebutuhan listrik pada peralatan utilitas

Tabel 6. 8 Data kebutuhan listrik pada peralatan utilitas

No	Nama Alat	Kode	Total Daya (hP)
<i>Water Treatment Plant (WTP)</i>			
1	Tangki Pelarutan Alum	T-201	0.7
2	Tangki Pelarutan Soda Abu	T-202	0.5
3	<i>Clarifier</i>	CL-201	1.3
4	Tangki Pelarutan Desinfektan	T-204	0.2
5	<i>Cooling Tower</i>	CT-201	1.3
6	Dearator	D-201	4.57
7	Boiler	BL-201	1.49
8	Pompa I	P-201	0.4
9	Pompa II	P-202	0.5
10	Pompa III	P-203	0.5
11	Pompa IV	P-204	0.6
12	Pompa V	P-205	0.75
13	Pompa VI	P-206	0.75
14	Pompa VII	P-207	0.05

No	Nama Alat	Kode	Total Daya (hP)
15	Pompa VIII	P-208	0.5
16	Pompa IX	P-209	0.5
17	Pompa X	P-210	0.5
18	Pompa XI	P-211	0.3
19	Pompa XII	P-212	0.1
20	Pompa XIII	P-213	0.5
21	Pompa XIV	P-214	0.5
22	Pompa XV	P-215	0.5
23	Pompa XVI	P-216	0.6
<i>Waste Water Treatment Plant (WWTP)</i>			
24	Clarifier	CL-301	0.5
25	Pompa I	P-301	0.3
26	Pompa II	P-302	0.3
27	Pompa III	P-303	0.3
28	Pompa IV	P-304	0.3
Total			1507,82

Kebutuhan listrik untuk utilitas (P Utilitas)

$$P \text{ Proses} = 1.507,82 \text{ hP} \times 745,7 \text{ watt/HP}$$

$$= 1.124.381,374 \text{ Watt}$$

$$= 1.124,381 \text{ kW}$$

$$P \text{ Pabrikasi} = P \text{ Proses} + P \text{ Utilitas}$$

$$= (5,468 + 1.124,381) \text{ kW}$$

$$= 1.129,849 \text{ kW}$$

Faktor keamanan 20%

$$P \text{ Pabrikasi} = 1,2 \times 1.129,849 \text{ kW}$$

$$= 1.355,819 \text{ kW}$$

- Kebutuhan listrik untuk penerangan

Tabel 6. 9 Data kebutuhan listrik untuk penerangan

No	Penggunaan Lahan	Luas (m ²)	Total daya (watt)
1	Mushola	60	600
2	Kantin	48	480
3	Tempat parkir	192	960
4	Pos penjaga	50	250
5	Ruang laboratorium	40	400
6	Bengkel	36	180
7	Gudang produk	450	4500
8	Ruang kontrol	100	1000
9	Gudang bahan baku	240	2400
10	Area proses	4500	112500
11	Area utilitas	4500	112500
12	Taman	200	2000
13	Poli klinik	40	400
14	Gedung perkantoran	510	5100
15	Gedung peralatan	240	2400
16	Area Perluasan	18000	180000
Total		29206	425670

$$P \text{ Penerangan} = 425.670 \text{ kW}$$

$$= 42,567 \text{ kW}$$

Faktor keamanan 20%

$$P \text{ Penerangan} = 1,2 \times 42,567 \text{ kW}$$

$$= 51,08 \text{ kW}$$

- Kebutuhan listrik untuk instrumentasi dan lain-lain (Pe)

(Diasumsikan sebesar 40 Kw dengan faktor keamanan 20%)

$$\begin{aligned} P_e &= 0,2 \times 40 \text{ kW} \\ &= 48 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Total kebutuhan listrik (P)

$$\begin{aligned} P &= P \text{ Pabrikasi} + P \text{ Penerangan} + P_e \\ &= 1.355,819 \text{ kW} + 51,08 \text{ kW} + 48 \text{ kW} \\ &= 1.454,899 \text{ kW} \end{aligned}$$

6.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar penggerak boiler dan pembangkit tenaga listrik (generator). Bahan bakar yang digunakan adalah diesel fuel karena memiliki nilai bakar yang tinggi. Keperluan bahan bakar untuk pabrik minyak jagung adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai bahan bakar solar} = 19.860 \text{ Btu/lb} \quad (\text{Perry, 1999})$$

$$\text{Densitas bahan bakar solar} = 0,89 \text{ Kg/L} \quad (\text{Perry, 1999})$$

$$\text{Daya output generator} = 1.819,072 \text{ kW}$$

$$\text{Jumlah bahan bakar} = 159,4 \text{ L/Jam}$$

6.5 Unit Pengolahan Limbah

Produk samping yang dihasilkan dari pembuatan *corn oil* terbagi menjadi produk samping berupa padatan dan cairan. Produk samping berupa padat berasal dari ampas jagung yang tersisa setelah pengepresan menggunakan *screw press*, sementara limbah cair yaitu air yang tercampur dengan *bleaching earth*, NaOH &

soap stock yang telah dipisahkan. Adapun beberapa alternatif pengolahan produk samping ialah sebagai berikut:

- Produk pakan dari ampas jagung

Ampas jagung yang dihasilkan dari proses pengepresan biji jagung memiliki nilai nutrisi sebagaimana ampas jagung pada umumnya yakni protein kasar 13,22%, lemak kasar 5,8%, serat kasar 2,92% dan BK 87,27% sehingga cocok untuk dijadikan sebagai pakan ternak.

- Limbah cair yang dihasilkan dari pembuatan *corn oil* berupa:

1. Limbah Proses

Limbah yang berasal dari proses pembuatan minyak jagung.

2. Limbah pencucian peralatan pabrik

Limbah yang diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik

3. Limbah Domestik

Limbah yang mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan cair

4. Limbah Laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisis mutu bahan baku yang digunakan dan produk yang dihasilkan serta yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan proses.

Adapun beberapa proses pengolahan limbah pabrik minyak jagung adalah sebagai berikut:

1. Bak Penampungan

Bak penampungan berfungsi sebagai tempat menampung air buangan sementara. Limbah proses, limbah pencucian, dan limbah laboratorium ditampung pada bak-bak penampungan yang tersedia untuk mengendapkan padatan-padatan yang tidak larut dalam air buangan pabrik. Di dalam bak penampungan terdapat oil catcher yang berfungsi untuk menyaring minyak yang terdapat dalam air limbah

2. Clarifier

Clarifier berfungsi untuk menghilangkan padatan yang berbahaya, serta memisahkan partikel yang tercampur dalam air sehingga menghasilkan air dengan tingkat kejernihan yang lebih tinggi sebelum dibuang ke lingkungan.

3. Sand Filter

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/menyaring partikel-partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air. Air yang keluar dari sand filter kemudian dialirkan menuju bak netralisasi.

4. Bak Netralisasi

Bak netralisasi adalah tempat yang digunakan untuk proses netralisasi limbah. Netralisasi adalah proses pengaturan limbah pH agar tidak terlalu asam dan terlalu basa sehingga aman Ketika dibuang ke lingkungan.

Spesifikasi Peralatan Utilitas

- **Unit WTP (*Water Treatment Plant*)**

Bak Penampung *Water Intake* (B-201)

Kode	: B-201
Fungsi	: Menampung air sungai yang akan digunakan
Tipe	: Bak dengan bentuk permukaan persegi
Bahan Konstruksi	: Beton
Kapasitas	: 437,844 m ³
Tinggi	: 4,179 m
Panjang	: 12,537 m
Lebar	: 8,358 m
Jumlah	: 1 unit

***Screening* (SC-201)**

Kode	: SC-201
Fungsi	: Menyaring partikel-partikel padat yang berukuran besar dari sungai
Tipe	: <i>Bar screen</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel</i>
Lebar bar	: 5 mm
Tebal bar	: 20 mm
<i>Bar clear spacing</i>	: 20 mm

Panjang *screening* : 2 m
Lebar *screening* : 2 m
Jumlah bar : 79 buah
Jumlah : 2 unit

Pompa I (P-201)

Kode : P-201
Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampungan ke tangki clarifier
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 73,630 gpm
Daya Pompa : 0,3 hP
Daya Motor : 0,4 hP
Diameter nominal : 3 in
Jumlah : 1 unit

Tangki Pelarutan Alum (T-201)

Kode : T-201
Fungsi : Melarutkan dan menyimpan larutan alum
Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*
Kapasitas : 0,201 m³
Tinggi : 0,635 m
Diameter : 0,635 m

Tebal *shell* : 3/16 in
Jenis pengaduk : propeller
Jumlah baffle : 4 buah
Daya motor : 0,7 hP
Jumlah : 1 unit

Tangki Pelarutan Soda Abu (T-202)

Kode : T- 202
Fungsi : Melarutkan dan menyimpan larutan soda abu
Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*
Kapasitas : 0,159 m³
Tinggi : 0,587 m
Diameter : 0,587 m
Tebal *shell* : 3/16 in
Jenis pengaduk : propeller
Jumlah baffle : 4 buah
Daya motor : 0,5 hP
Jumlah : 1 unit

Clarifier (CL-201)

Kode : CL-201
Fungsi : Mengendapkan flok yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu

Tipe : Tangki dengan bagian bawah berbentuk kronis

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Kapasitas : 18,243 m³

Tinggi : 4,814 m

Diameter : 2,407 m

Jenis pengaduk : *flat six-blade turbine with disk*

Jumlah *baffle* : 4 buah

Daya motor : 1,3 hP

Jumlah : 1 unit

Bak Reservoir (B-202)

Kode : B-202

Fungsi : Mengumpulkan dan menyalurkan air dari *clarifier*

Tipe : Bak dengan bentuk permukaan persegi

Bahan konstruksi : Beton

Kapasitas : 437,844 m³

Tinggi : 4,179 m

Panjang : 12,537 m

Lebar : 8,358 m

Jumlah : 1 unit

Pompa II (P-202)

Kode : P-202

Fungsi : Memompa air dari *reservoir* ke *sand filter*

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 73,630 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 3 in

Jumlah : 1 unit

Bak Sand Filter (B-203)

Kode : B-203

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang tertinggal di dalam air dari *clarifier*

Tipe : *Gravity sand filter*

Bahan konstruksi : Beton

Kapasitas : 437,844 m³

Tinggi : 11,743 m

P : 1,246 m

L : 1,246 m

Jumlah : 1 unit

Pompa III (P-203)

Kode : P-203

Fungsi : Memompa air dari *sand filter* ke tangki penampung air bersih

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 73,630 gpm
Daya pompa : 0,4 hP
Daya motor : 0,5 hP
Diameter nominal : 3 in
Jumlah : 1 unit

Tangki Penampungan Air Bersih (T-203)

Kode : T-203
Fungsi : Tempat penampungan air bersih sebelum dilakukan pendistribusian untuk air sanitasi dan pengolahan pada *ion-exchanger*
Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*
Kapasitas : 437,844 m³
Tinggi : 8,232 m
Diameter : 4,116 m
Tebal shell : 5/8 in
Jumlah : 1 unit

Pompa IV (P-204)

Kode : P-204
Fungsi : Memompa air backwash dari tangki air bersih ke *sand filter*
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 73,630 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 2 in

Jumlah : 1 unit

Pompa V (P-205)

Kode : P- 205

Fungsi : Memompa air dari tangki air bersih ke tangki air sanitasi

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 3,143 gpm

Daya pompa : 0,06 hP

Daya motor : 0,07 hP

Diameter nominal : 0,75 in

Jumlah : 1 unit

Pompa VI (P-206)

Kode : P-206

Fungsi : Memompa air dari backwash tangki penampungan air bersih ke tangki air sanitasi

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 3,143 gpm

Daya pompa : 0,06 hP

Daya motor : 0,07 hP

Diameter nominal : 0,75 in

Jumlah : 1 unit

Tangki Pelarutan Desinfektan (T-204)

Kode : T- 204

Fungsi : Melarutkan dan menyimpan desinfektan

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Kapasitas : 0,028 m³

Tinggi : 0,329 m

Diameter : 0,165 m

Tebal *shell* : 3/16 in

Jenis pengaduk : propeller

Jumlah *baffle* : 4 buah

Daya motor : 0,2 hP

Jumlah : 1 unit

Tangki Penampung Air Sanitasi (T-205)

Kode : T-205

Fungsi : Tempat penampungan air sanitasi

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Kapasitas : 18,691 m³
Tinggi : 2,877 m
Diameter : 1,438 m
Tebal shell : 1/4 in
Jumlah : 1 unit

Pompa VII (P-207)

Kode : P-207
Fungsi : Memompakan air untuk sanitasi
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 70,487 gpm
Daya pompa : 0,05 hP
Daya motor : 0,05 hP
Diameter nominal : 3 in
Jumlah : 1 unit

Tangki Kation Exchanger (T-206)

Kode : T-206
Fungsi : Mengurangi kesadahan air melalui pertukaran ion
Tipe : Silinder dengan bad resin
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*
Kapasitas : 2,821 m³
Tinggi : 2,061 m

Diameter : 1,374 m

Jumlah : 1 unit

Tangki Pelarutan H₂SO₄ (T-207)

Kode : T-207

Fungsi : Melarutkan H₂SO₄ untuk regenerasi penukar kation

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Kapasitas : 2,140 m³

Tinggi : 1,323 m

Diameter : 1,323 m

Jumlah : 1 unit

Pompa VIII (P-208)

Kode : P-208

Fungsi : Memompakan air dari kation *exchanger* ke anion *exchanger*

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 70,487 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 3 in

Jumlah : 1 unit

Tangki Anion Exchanger (T-208)

Kode : T-208
Fungsi : Mengurangi kesadahan air melalui pertukaran ion
Tipe : Silinder dengan bad resin
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*
Kapasitas : 2,821 m³
Tinggi : 2,061 m
Diameter : 1,374 m
Jumlah : 1 unit

Tangki Pelarutan NaOH (T-209)

Kode : T-209
Fungsi : Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion
Tipe : Silinder dengan bad resin
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*
Kapasitas : 2,82 m³
Tinggi : 2,061 m
Diameter : 1,374 m
Jumlah : 1 unit

Pompa IX (P-209)

Kode : P-209
Fungsi : Memompakan air dari anion *exchanger* ke tangki air proses

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 70,487 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 3 in

Jumlah : 1 unit

Tangki Penampungan Air Proses (T-210)

Kode : T-210

Fungsi : Menyimpan air proses

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Kapasitas : 227,585 m³

Tinggi : 6,618 m

Diameter : 6,618 m

Tebal shell : 1/2 in

Jumlah : 1 unit

Pompa X (P-210)

Kode : P-210

Fungsi : Memompakan air dari anion *exchanger* ke tangki air proses

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 70,487 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 3 in

Jumlah : 1 unit

Pompa XI (P-211)

Kode : P-211

Fungsi : Memompakan air untuk air proses

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 38,272 gpm

Daya pompa : 0,2 hP

Daya motor : 0,3 hP

Diameter nominal : 2,5 in

Jumlah : 1 unit

Cooling Tower (CT-201)

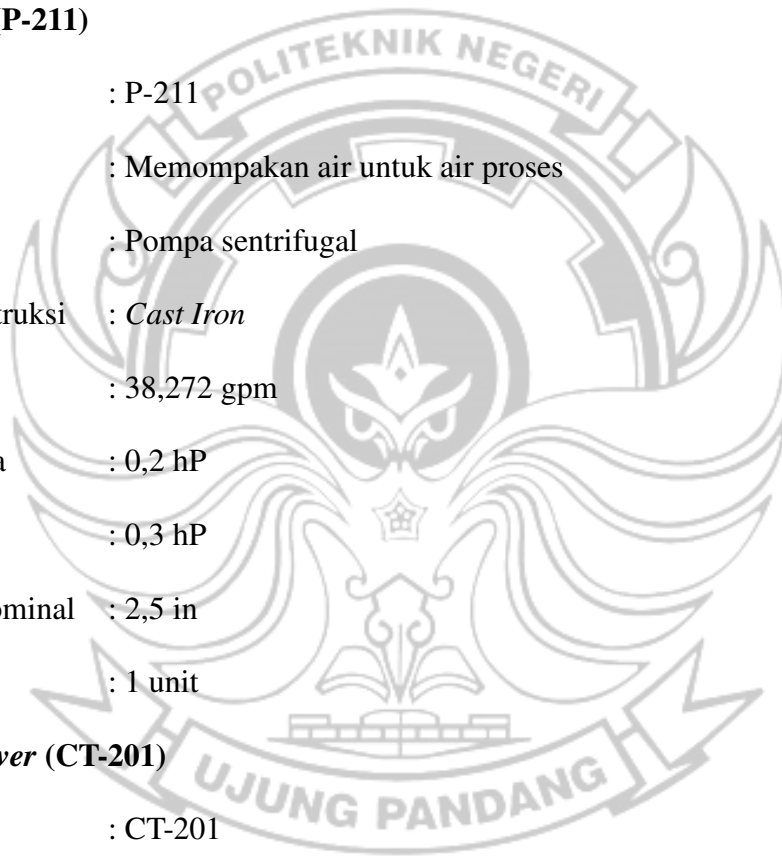
Kode : CT-201

Fungsi : Mendinginkan air sirkulasi dari pabrik agar dapat digunakan kembali

Tipe : *Induced draft cooling tower*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 Grade A*

Kapasitas : 45,897 gpm



Temperatur masuk : 50°C
Luas menara : 2,843 m²
Tenaga kipas : 1,3 hP
Jumlah : 1 unit

Pompa XII (P-212)

Kode : P-212
Fungsi : Memompakan air proses ke tangki penampungan air pendingin
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 10,104 gpm
Daya pompa : 0,1 hP
Daya motor : 0,1 hP
Diameter nominal : 3 in
Jumlah : 1 unit

Tangki Penampung Air Pendingin (T-211)

Kode : T-211
Fungsi : Menyimpan air pendingin
Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*
Kapasitas : 300,420 m³
Tinggi : 7,260 m
Diameter : 3,630 m

Tebal *shell* : 5/8 in

Jumlah : 1 unit

Pompa XIII (P-213)

Kode : P-213

Fungsi : Memompakan air proses ke daerator

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 22,111 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 2 in

Jumlah : 1 unit

Dearator (D-201)

Kode : D-201

Fungsi : Menghilangkan gas-gas terlarut dalam air umpan boiler

Tipe : Silinder horizontal dengan kedua tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Kapasitas : 619,115 m³

Tinggi : 4,145 m

Panjang : 8,394 m

Diameter : 4,197 m

Tebal *shell* : 3/4 in
Kebutuhan daya : 4,576 hP
Jumlah : 1 unit

Pompa XIV (P-214)

Kode : P-214
Fungsi : Memompakan air dari daerator ke tangki umpan boiler
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 64,668 gpm
Daya pompa : 0,4 hP
Daya motor : 0,5 hP
Diameter nominal : 3 in
Jumlah : 1 unit

Tangki Penampungan Umpan Boiler (T-212)

Kode : T-212
Fungsi : Menampung air umpan boiler
Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*
Kapasitas : 206,878 m³
Tinggi : 6,411 m
Diameter : 3,206 m
Tebal shell : 1/2 in

Jumlah : 1 unit

Pompa XV (P-215)

Kode : P-215

Fungsi : Memompakan air dari tangki umpan boiler ke boiler

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 64,668 gpm

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Diameter nominal : 3 in

Jumlah : 1 unit

Tangki Penampung Kondensat (T-213)

Kode : T-213

Fungsi : Menampung kondensat

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Kapasitas : 284,969 m³

Tinggi : 7,134 m

Diameter : 3,567 m

Tebal *shell* : 5/8 in

Jumlah : 1 unit

Pompa XVI (P-216)

Kode : P-216
Fungsi : Memompakan air dari penampungan kondensat ke boiler
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 80,404 gpm
Daya pompa : 0,5 hP
Daya motor : 0,6 hP
Diameter nominal : 3 in
Jumlah : 1 unit

Boiler (BL-201)

Kode : BL-201
Fungsi : Menyediakan *steam* untuk keperluan proses
Tipe : *Water tube boiler* untuk keperluan proses
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*
Heating surface : 14.903 ft²
Kebutuhan diesel : 2,014 m³/Jam
Jumlah tube : 690 pipa
Kebutuhan daya : 1.490 hP
Jumlah : 1 unit

Tangki Bahan Bakar Boiler (T-214)

Kode : T-214

Fungsi : Menampung bahan bakar boiler
Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*
Kapasitas : 406,082 m³
Tinggi : 8,028 m
Diameter : 4,014 m
Tebal *shell* : 1/2 in
Jumlah : 1 unit

• **Unit WWTP (*Waste Water Treatment Plant*)**

Bak Penampung Limbah (B-301)

Kode : B-301
Fungsi : Menampung air limbah yang dihasilkan pada pabrik
Tipe : Bak dengan bentuk permukaan persegi
Bahan Konstruksi : Beton
Kapasitas : 232,224 m³
Tinggi : 3,383 m
Panjang : 10,148 m
Lebar : 6,765 m
Jumlah : 1 unit

Pompa I (P-301)

Kode	: P-301
Fungsi	: Memompakan air dari bak penampungan air limbah ke <i>clarifier</i>
Tipe	: Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	: <i>Cast Iron</i>
Kapasitas	: 39,052 gpm
Daya pompa	: 0,3 hP
Daya motor	: 0,3 hP
Diameter nominal	: 2 in
Jumlah	: 1 unit

Clarifier (CL-301)

Kode	: CL-301
Fungsi	: Mengendapkan flok yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu
Tipe	: Tangki dengan bagian bawah berbentuk kronis
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-129 grade A</i>
Kapasitas	: 9,676 m ³
Tinggi	: 3,897 m
Diameter	: 1,948 m
Jenis pengaduk	: <i>flat six-blade turbine with disk</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

Pompa II (P-302)

Kode : P-302

Fungsi : Memompakan air dari *clarifier* ke *sand filter*

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 39,052 gpm

Daya pompa : 0,3 hP

Daya motor : 0,3 hP

Diameter nominal : 2 in

Jumlah : 1 unit

Bak Sand Filter (B-302)

Kode : B-203

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang tertinggal di dalam air dari *clarifier*

Tipe : *Gravity sand filter*

Bahan konstruksi : Beton

Kapasitas : 9,676 m³

Tinggi : 11 m

P : 1 m

L : 1 m

Pompa III (P-303)

Kode : P-303
Fungsi : Memompakan air *sand filter* ke bak netralisasi
Tipe : Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi : *Cast Iron*
Kapasitas : 39,052 gpm
Daya pompa : 0,3 hP
Daya motor : 0,3 hP
Diameter nominal : 2 in
Jumlah : 1 unit

Bak Netralisasi (B-303)

Kode : B-303
Fungsi : Menetralisir air limbah sebelum dibuang ke lingkungan
Tipe : Bak dengan bentuk permukaan persegi
Bahan Konstruksi : Beton
Kapasitas : 232,224 m³
Tinggi : 3,383 m
Panjang : 10,148 m
Lebar : 6,765 m
Jumlah : 1 unit

Pompa IV (P-304)

Kode : P-304

Fungsi : Memompakan air dari bak netralisasi keluar ke lingkungan

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Kapasitas : 39,052 gpm

Daya pompa : 0,3 hP

Daya motor : 0,3 hP

Diameter nominal : 2 in



BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Pentingnya instrumentasi dan keselamatan kerja di lingkungan industri sangat ditekankan sebagai faktor kunci untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas produksi. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol proses agar dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, sementara keselamatan kerja bertujuan untuk mencegah risiko cedera, kerusakan, atau kerugian di lingkungan kerja. Oleh karena itu, diperlukan unit khusus yang bertanggung jawab atas pengendalian peralatan proses dan manajemen keselamatan kerja di industri. (Kusmasari, dkk, 2014)

7.1 Instrumentasi

Instrumentasi digunakan untuk mengatur dan mengelola kondisi operasi pada peralatan proses, dibutuhkan alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi ini dapat berupa berbagai jenis, seperti petunjuk, indikator, perekam, atau pengendali. Di industri dengan bahan baku pertanian, terdapat banyak variabel yang perlu diukur atau diatur, seperti suhu, tekanan, laju aliran, dan tinggi cairan dalam peralatan. Oleh karena itu, instrumentasi memiliki peran penting dalam mengendalikan proses di pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, pengendalian operasi atau proses dapat dilakukan dengan akurat dan efisien, baik pada seluruh unit pabrik maupun unit-unit tertentu yang memerlukan pengawasan detail. Pemahaman dalam pemilihan alat kontrol proses ini sangat penting, terutama karena biaya peralatan yang cukup tinggi.

Secara umum, fungsi dari peralatan instrumen dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yakni operasi manual dan operasi otomatis. Pemilihan penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses didasarkan pada pertimbangan ekonomi dari sistem peralatan tersebut. Ketika menggunakan alat-alat instrumentasi, perlu dipertimbangkan apakah alat-alat tersebut akan dipasang langsung pada peralatan proses untuk pengendalian manual, atau diintegrasikan dalam suatu ruang kontrol yang terhubung dengan bagian peralatan untuk pengendalian otomatis (Perry, 1999). Terdapat dua tipe konsep dasar pengendalian proses, yakni:

1. Pengendalian secara manual.

Pengendalian yang dijalankan oleh manusia adalah langkah pengendalian yang ekonomis karena memerlukan sedikit instrumen dan instalasi. Meskipun demikian, pengendalian ini memiliki potensi ketidakpraktisan dan ketidakamanan karena pengendalinya adalah manusia yang rentan terhadap kesalahan.

2. Pengendalian secara otomatis

Tidak seperti pengendalian secara manual, pengendalian otomatis melibatkan penggunaan instrumentasi sebagai pengendali proses, tetapi peran manusia tetap ada sebagai pengendali utama. Banyak tugas yang awalnya dilakukan oleh manusia dalam pengendalian manual kini diambil alih oleh instrumentasi, sehingga menjadikan sistem pengendalian ini lebih praktis dan menguntungkan.

Pengendalian otomatis proses dijalankan dengan pertimbangan biaya yang cermat, karena penggunaan alat kontrol otomatis seringkali melibatkan biaya lebih besar atau, sebaliknya, justru lebih ekonomis daripada menggunakan alat kontrol manual. Seperti yang diungkapkan oleh Dewantara dan Kholil (2015), pengendalian otomatis proses memiliki beberapa keunggulan, seperti:

- Mengurangi jumlah pegawai (man power).
- Keselamatan kerja lebih terjamin.
- Hasil proses lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

Beberapa komponen instrumen yang diperlukan proses secara otomatis, antara lain:

- Sensing element / Primary element (sensor), merupakan instrumen yang digunakan untuk pengukuran.
- Element pengukur, merupakan elemen yang menyusun sistem pengukuran.
- Element pengontrol, merupakan elemen yang mengontrol sistem terhadap set poin yang telah ditetapkan.

Tujuan pemasangan instrumentasi yaitu:

- Menjaga kondisi operasi suatu peralatan agar tetap berada dalam kondisioperasi yang aman.
- Menjamin kualitas produksi yang konsisten.
- Mengatur laju produksi agar tetap dalam kendali.

- Membantu memudahkan pengoperasian suatu alat
- Memberikan peringatan dini apabila terjadi eror, kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan.
- Meningkatkan efisiensi kerja secara signifikan.

Dalam perencanaan pabrik minyak jagung, kita menggunakan instrumen yang dapat beroperasi baik secara manual maupun otomatis, yang dipilih bergantung pada berbagai faktor seperti sistem peralatan, pertimbangan teknis, pertimbangan ekonomi, dan dampak lingkungan kerja. Walaupun instrumen otomatis lebih sering digunakan karena beberapa keunggulan kompetitifnya, perlu dicatat bahwa peran tenaga manusia masih tetap penting dalam pengoperasian dan pengawasan proses. Menurut Rivai (2006), dalam perencanaan suatu pabrik, alat kontrol yang diperlukan yaitu:

- Indikator digunakan untuk mendapatkan informasi langsung tentang status operasional dari suatu bagian tertentu pada peralatan.
- Pengontrol (controller) digunakan untuk mengatur kondisi operasional dalam aliran proses sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Instrumen-instrumen ini diimplementasikan dengan harapan agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Instrumen yang digunakan pada Pra Rancangan Pabrik minyak jagung ini yaitu:

- Temperatur Controller (TC),

Temperatur controller merupakan instrumen pengatur suhu atau pengukur sinyal dalam bentuk panas. Pengaturan temperatur dilakukan untuk menjaga suhu, agar beroperasi pada temperature konstan.

- Flow Controller (FC),

Flow controller merupakan instrumen yang mengukur kecepatan aliran fluida dalam pipa atau unit proses lainnya. Pengukuran aliran fluida untuk mengatur laju alir fluida yang melewati system perpipaan.

- Pressure Controller (PC),

Pressure controller merupakan instrument yang digunakan untuk menjaga dan mengukur tekanan agar beroperasi pada tekanan konstan.

- Feed Ratio Controller (FRC),

Feed ratio controller merupakan instrumen yang dipasang pada alat yang memerlukan pengendalian dalam hal perbandingan bahan yang akan masuk.

7.2 Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan pabrik, keamanan kerja menjadi salah satu aspek yang sangat krusial yang harus dipertimbangkan, karena hal ini mempengaruhi kelancaran operasional dan keselamatan para karyawan. Selain itu, hal ini juga memiliki dampak pada lingkungan sekitar pabrik. Keamanan kerja merupakan upaya untuk memberikan rasa aman dan ketenangan kepada para pekerja selama bekerja, serta untuk mencegah terjadinya kecelakaan, kebakaran, dan penyakit akibat pekerjaan di

lingkungan kerja. Risiko terkait dengan keamanan mencakup berbagai aspek yang dapat menyebabkan potensi bahaya, seperti risiko kebakaran, bahaya aliran listrik, cedera fisik, hilangnya indera, serta tugas-tugas pekerjaan yang memerlukan pemeliharaan dan pelatihan. Di sisi lain, kesehatan kerja berfokus pada menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat dengan meminimalkan risiko kecelakaan. Keamanan kerja terkait dengan aspek-aspek seperti mesin, peralatan kerja, bahan, proses produksi, lokasi kerja, dan kondisi lingkungan di sekitarnya (Sabdoadi, 1979). Sementara itu, keselamatan kerja menurut ASSE (American Society of Safety Engineers) yang dikutip oleh Sugeng (2005) diartikan sebagai bidang kegiatan yang ditujukan untuk mencegah semua jenis kecelakaan yang ada kaitannya dengan lingkungan dan situasi kerja. Menurut Rivai (2006), tujuan dan pentingnya keselamatan kerja meliputi :

1. Meningkatnya produktivitas karena menurunnya jumlah hari kerja yang hilang.
2. Meningkatnya efisiensi dan kualitas pekerja yang lebih berkomitmen.
3. Menurunkan biaya-biaya kesehatan dan asuransi.
4. Tingkat kompensasi pekerja dan pembayaran langsung yang lebih rendah karena menurunnya pengajuan klaim.
5. Meningkatkan fleksibilitas dan adaptabilitas melalui partisipasi dan rasa memiliki yang lebih tinggi.
6. Rasio seleksi tenaga kerja yang lebih baik karena meningkatnya citra perusahaan.

Adapun penyebab kecelakaan dapat diklasifikasikan menjadi 3 faktor, yaitu:

1. Faktor manusia meliputi masalah seperti kurangnya pelatihan/kemampuan, pelanggaran prosedur, latihan yang kurang aman, tidak mematuhi peraturan keselamatan, dan kurangnya pemahaman akan bahaya.
2. Faktor keadaan mencakup aspek seperti desain peralatan yang kurang memadai, konstruksi yang tidak memenuhi standar, penyimpanan bahan atau peralatan berbahaya yang tidak sesuai, dan tata letak fasilitas yang kurang memadai.
3. Faktor lingkungan mencakup berbagai elemen seperti faktor fisik (seperti kebisingan, penerangan, dan getaran), paparan kimia (seperti debu, gas, uap, asap, atau kabut), faktor biologis (seperti sensitivitas, usia, jenis kelamin, kekuatan, dan kondisi fisik), serta faktor ergonomi (seperti gerakan berulang, pengangkatan beban, dan desain stasiun kerja).

Untuk mencegah kecelakaan kerja diperlukan alat-alat perlindungan keselamatan kerja seperti terlihat pada table berikut:

Tabel 7. 1 Alat-Alat Keselamatan Kerja

No	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1	Pemadaman kebakaran	Semua unit
2	Kaca mata pelindung	Unit produksi, bagian proses
3	Sarung karet	unit produksi, bagian proses
4	Sarung tangan	Gudang bagian proses
5	Helm pengaman	Proses produksi
6	Baju khusus	Laboratorium, unit proses

BAB VIII

STRUKTUR ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN

8.1 Bentuk Perusahaan

Keberhasilan suatu pabrik sangat tergantung pada bentuk dan struktur organisasinya. Oleh karena itu diperlukan pemilihan bentuk dan struktur organisasi yang sesuai. Berdasarkan rencana Pra-rancangan Pabrik minyak jagung, akan didirikan dalam bentuk badan usaha dengan status Perseroan Terbatas (PT). Terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No.1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya. Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan PT adalah sebagai berikut:

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berganti-ganti.
2. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual sahamnya kepada orang lain.
3. Mudah mendapatkan modal, yaitu dari bank maupun dengan menjual saham.

4. Tanggung jawab yang terbatas dari pemegang saham terhadap hutang perusahaan.
5. Penempatan pemimpin atas kemampuan pelaksanaan tugas.

Struktur organisasi sangat penting bagi suatu perusahaan untuk mempermudah pengorganisasian dan pengaturan kerja masing-masing bagian. Struktur Pola hubungan kerja dan lalu lintas wewenang dapat dibedakan menjadi 3 sistem organisasi, yaitu: Organisasi garis, organisasi staff and line dan organisasi fungsional. Digunakan organisasi staff and line.

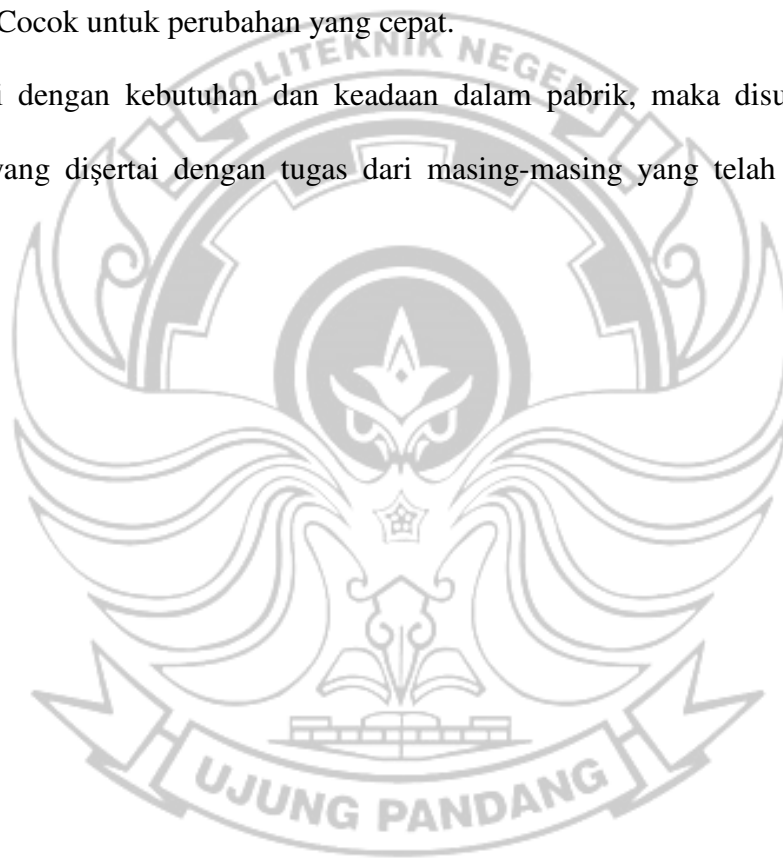
8.2 Struktur Organisasi

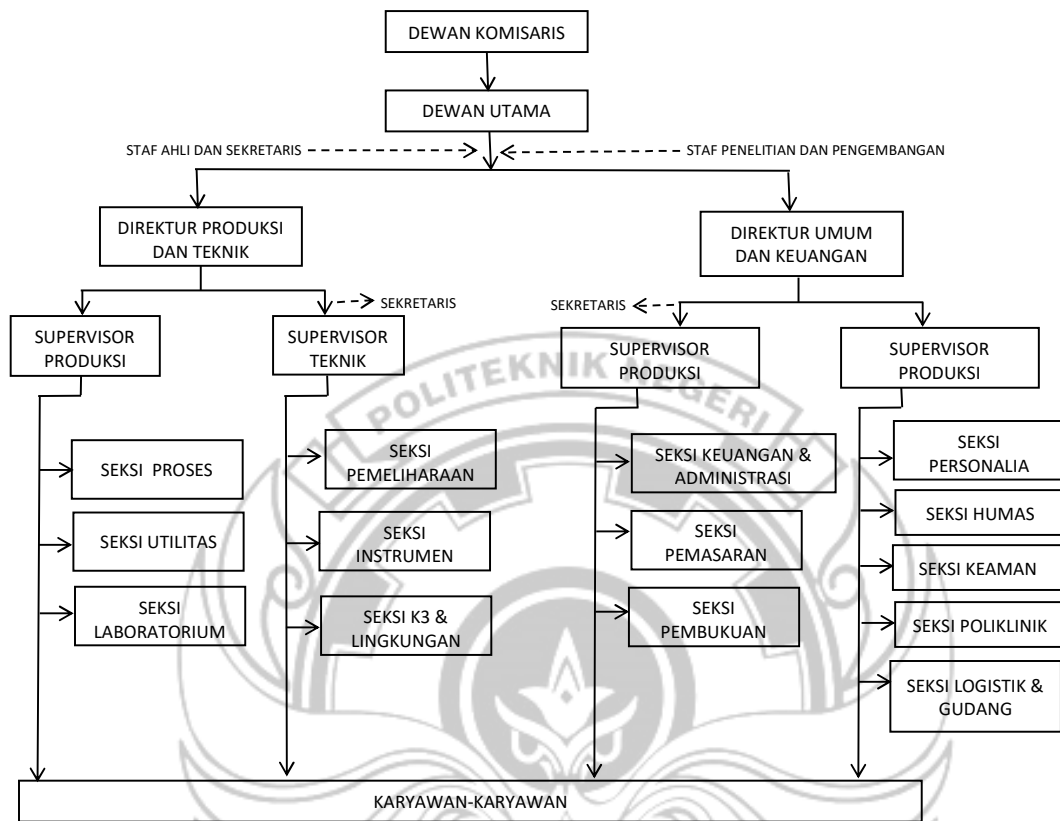
Struktur organisasi merupakan susunan dan hubungan antara bagian dan posisi dalam perusahaan yang menjelaskan pembagian aktivitas kerja, memperlihatkan hubungan fungsi dan aktivitas sampai batas-batas tertentu, serta memperhatikan tingkat spesialisasi aktivitas tersebut (Umar, 2003).

Sistem organisasi perusahaan yang dipilih untuk Prarancangan Pabrik Minyak jagung yaitu sistem staff and line organization (sistem garis). Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis pada pembagian tugas kerja, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Kekuasaan mengalir secara langsung dari direksi dan kemudian ke kepala bagian, ke kepala seksi, diteruskan ke karyawan, karyawan dibawahnya dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberi saran kepada direktur. Selain itu, sistem organisasi ini memiliki kelebihan antara lain:

1. Dapat digunakan dalam organisasi skala besar dengan susunan organisasi yang kompleks dan pembagian tugas yang beragam.
2. Lebih mudah dalam pelaksanaan, pengawasan, dan pertanggungjawaban.
3. Dapat menghasilkan keputusan yang logis dan sehat.
4. Memungkinkan konsentrasi dan loyalitas tinggi terhadap pekerjaan
5. Cocok untuk perubahan yang cepat.

Sesuai dengan kebutuhan dan keadaan dalam pabrik, maka disusun struktur organisasi yang disertai dengan tugas dari masing-masing yang telah tertera pada gambar 8.1





Gambar 8. 1 Struktur dan Organisasi

8.3 Tugas dan Wewenang

Tugas dan wewenang dalam perusahaan ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan beberapa orang yang mengumpulkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Tugas dan wewenangnya untuk mengadakan pertemuan guna menentukan, memilih, atau menggantikan dewan komisaris, menetapkan gaji direktur utama, mengajukan pertanggungjawaban dewan

komisaris, serta mengesahkan laporan kinerja, neraca, dan perhitungan laba-rugi perusahaan setidaknya satu kali dalam setahun.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris berperan sebagai pengawas terhadap semua aktivitas yang dijalankan oleh dewan direksi dan menetapkan kebijakan serta strategi yang akan dijalankan. Selain itu, dewan komisaris juga memiliki kewenangan untuk menunjuk serta memberhentikan anggota dewan direksi.

3. Direktur

Direktur memiliki kewajiban langsung kepada dewan komisaris dalam menjalankan tugasnya serta dalam pengawasan aktivitasnya dan bertanggung jawab untuk menjalankan kebijakan yang telah ditetapkan oleh dewan komisaris, terutama dalam aspek keuangan, meningkatkan efisiensi operasional, dan menentukan tingkat posisi kepemimpinan untuk karyawan.

4. Staff Ahli

Bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknis maupun administrasi. Tugas dan wewenangnya adalah memberikan nasehat dalam perencanaan pengembangan usaha, mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.

5. Sekretaris

Bertugas untuk membantu direktur dalam membuat berbagai laporan, proposal dan pengolahan dokumen arsip.

6. Manager

Mengatur, mengawasi dan mengkoordinasi pekerjaan dari bagian-bagian yang dibawahinya, serta memberi laporan-laporan kepada direktur tentang kegiatan-kegiatan yang dibawahinya.

7. Kepala Bagian (Supervisor)

Dalam menjalankan tanggung jawabnya, manajer membawahi beberapa bagian yang masing-masing mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam bagiannya masing-masing. Bagian-bagian tersebut terdiri dari :

a. Kepala Bagian (Supervisor) Produksi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan produksi dan processing serta mengatur dan menangani masalah yang bersangkutan dengan produksi. Dalam tugasnya, supervisor produksi dibantu oleh kepala seksi proses, dan seksi laboratorium.

b. Kepala Bagian (supervisor) Teknik

Bertugas menangani masalah perawatan atau pemeliharaan peralatan pabrik dan utilitas serta lingkungan, serta merencanakan dan mengatur pelaksanaan-pelaksanaan kegiatan teknik agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif. Dalam melaksanakan tugasnya supervisor teknik dibantu oleh kepala seksi pemeliharaan dan kepala seksi instrumen.

c. Kepala Bagian (Supervisor) Keuangan

Bertugas menangani pembelian atau pengadaan bahan baku serta keuangan perusahaan dan kebutuhan lainnya. Dalam tugasnya supervisor keuangan dibantu oleh seksi pembelian dan pengadaan bahan baku.

d. Kepala Bagian (Supervisor) Pemasaran

Bertugas mengatur pelaksanaan efektifitas perdagangan hasil produksi sesuai dengan kebutuhan konsumen. Dalam hal ini dibantu oleh supervisor pemasaran.

e. Kepala Bagian (Supervisor) Umum

Bertugas menangani masalah-masalah kepegawaian, administrasi, humas dan logistik. Dalam melaksanakan tugasnya supervisor umum dibantu oleh kepala seksi personalia, kepala seksi administrasi, kepala seksi humas.

8. Kepala Seksi

Bertugas membantu pelaksanaan kerja supervisor dan bertanggung jawab atas kelancaran kerja sesuai dengan bidang masing-masing.

8.4 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik Minyak jagung direncanakan beroperasi selama 330 hari/ tahun, 24 jam/ hari, sedangkan sisa waktu yang ada selama setahun digunakan untuk shut down, pemeliharaan, dan perbaikan peralatan pabrik. Waktu kerja karyawan dibagi menjadi dua golongan yaitu :

a. Karyawan Shift

Karyawan shift merupakan karyawan yang langsung menangani proses produksi dan langsung mengatur bagian-bagian tertentu di pabrik yang berhubungan dengan aspek keamanan dan kelancaran produksi. Tenaga karyawan tersebut bekerja secara bergantian sehari semalam dan biasanya juga masuk pada hari libur. Karyawan shift ini antara lain: operator, produksi, sebagian dari bagian teknisi, karyawan produksi dan karyawan bagian gudang serta karyawan security. Kelompok kerja ini dibagi menjadi empat shift yaitu tiga shift kerja dan satu shift istirahat. Masing-masing shift bekerja selama 8 jam sehari dengan pengaturan waktu sebagai berikut:

1. Shift P : jam 08.00 – 16.00
2. Shift S : jam 16.00 – 24.00
3. Shift M : jam 24.00 – 08.00

Karyawan shift terbagi dalam 4 regu dan dalam sehari terdapat 3 regu yang bekerja dan 1 regu libur dan dikenakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapatkan giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap-tiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya.

Jadwal kerja masing-masing regu ditunjukkan tabel 8.1

Tabel 8. 1 Jadwal Kerja Karyawan & Penggajian

Regu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
A	P	P	P	L	M	M	M
B	S	S	L	P	P	P	L
C	M	L	S	S	S	L	P
D	L	M	M	M	L	S	S

Keterangan :

A, B, C, D : Regu kerja *shift*

1, 2, 3, 4 : 1 hari kerja

P : Pagi

S : Sore

M : Malam

L : Libur

b. Karyawan Non-Shift

Karyawan Non shift adalah karyawan yang tidak langsung menangani pabrik yaitu direktur, kepala bagian (supervisor), seksi-seksi dan bawahan yang ada di kantor atau dengan kata lain bekerja untuk pabrik yang pekerjaannya yang tidak kontinu.

Pembagian jam kerja karyawan non-shift adalah:

1. Hari Senin – Kamis : Pukul 08.00 – 12.00
Pukul 13.00 – 16.00
2. Hari Jumat : Pukul 08.00 – 11.30
Pukul 13.30 – 16.00

3. Hari Sabtu dan Minggu merupakan hari libur

c. Jumlah karyawan

Jumlah karyawan disesuaikan dengan kebutuhan dengan harapan bahwa pekerjaan akan baik, efektif, dan efisien. Karyawan yang dimiliki lebih dari jumlah kebutuhan optimum akan menimbulkan masalah pemborosan, demikian juga

sebaliknya jika tenaga kerja kurang dari kebutuhan akan menimbulkan kesulitan kerja. Jumlah karyawan yang ada di Pabrik minyak jagung ini adalah 122 karyawan.

d. Sistem Penggajian Karyawan

Pada perusahaan ini, sistem upah karyawan berbeda-beda. Hal ini tergantung dari status karyawan dan tingkat pendidikan serta tinggi rendahnya kedudukan dan tanggungjawab serta keahliannya.

Adapun status karyawan dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Karyawan tetap adalah karyawan yang menerima gaji bulanan yang besarnya tergantung dari kedudukan, keahlian, pendidikan dan masa kerja.
2. Karyawan harian adalah karyawan yang menerima upah harian yang dibayar pada akhir pekan.
3. Karyawan borongan adalah karyawan yang menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan, misalnya : bongkar muat, shut down, dan lain-lain.

Tabel 8. 2 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan/Orang (Rp)	Total (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	100000000	100000000
2	Direktur Utama	1	60000000	60000000
3	Direktur Teknik & Produksi	1	60000000	60000000
4	Direktur Keuangan & Pemasaran	1	60000000	60000000
5	Staf Ahli	1	15000000	15000000
6	Staf Penelitian & Pengembangan	1	15000000	15000000
7	Sekretaris	1	7000000	7000000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan/Orang (Rp)	Total (Rp)
Supervisor (Kepala Bagian)				
9	Supervisor Produksi	1	8000000	8000000
10	Supervisor Teknik	1	8000000	8000000
11	Supervisor Keuangan & Pemasaran	1	8000000	8000000
12	Supervisor Umum	1	8000000	8000000
Kepala Seksi				
14	Kepala Seksi Proses	1	7000000	7000000
15	Kepala Seksi Utilitas	1	7000000	7000000
16	Kepala Seksi Laboratorium	1	7000000	7000000
17	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	7000000	7000000
18	Kepala Seksi K3 Dan Lingkungan	1	7000000	7000000
19	Kepala Seksi Instrumen	1	7000000	7000000
20	Kepala Keuangan & Administrasi	1	7000000	7000000
21	Kepala Seksi Pemasaran	1	7000000	7000000
22	Kepala Seksi Pembukuan	1	7000000	7000000
23	Kepala Seksi Personalia	1	7000000	7000000
24	Kepala Seksi Humas	1	7000000	7000000
25	Kepala Seksi Keamanan	1	7000000	7000000
26	Kepala Seksi Klinik	1	7000000	7000000
27	Kepala Seksi Logistik & Gudang	1	7000000	7000000
Karyawan				
29	Karyawan Proses	36	4500000	162000000
30	Karyawan Utilitas	24	4500000	108000000
31	Karyawan Laboratorium	2	4500000	9000000
32	Karyawan Pemeliharaan	2	4500000	9000000
33	Karyawan K3 Dan Lingkungan	2	4500000	9000000
34	Karyawan Instrumentasi	4	4500000	18000000
35	Karyawan Keuangan & Administrasi	2	4500000	9000000
36	Karyawan Pemasaran	1	4500000	4500000
37	Karyawan Personalia	2	4500000	9000000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan/Orang (Rp)	Total (Rp)
38	Karyawan Humas	2	4500000	9000000
39	Karyawan Logistik Dan Gudang	2	4500000	9000000
Kesehatan, Keamanan, Kebersihan & Sopir				
41	Dokter	2	8000000	16000000
42	Anggota Keamanan	6	3300000	19800000
43	Sopir	2	3200000	6400000
44	Karyawan Pembersih	4	3000000	12000000
		118	514000000	856700000
Total		Gaji sebulan	514000000	
		Gaji setahun	10280400000	

Rincian karyawan proses

Tabel 8. 3 Karyawan Proses

Lokasi	Karyawan	Regu	Jumlah
Perebusan	2	4	8
Pengepresan	1	4	4
Bleaching	1	4	4
Leaf Filter press	2	4	8
Penetralan pH	2	4	8
Penyimpanan	1	4	4
Total			36

Rincian karyawan utilitas

Tabel 8. 4 Karyawan Utilitas

Lokasi	Karyawan	Regu	Jumlah
Penyediaan Air Bersih	2	4	8
Penyediaan Listrik	1	4	4

Pengelolaan Air Limbah	1	4	4
Total			16



BAB IX

LAY OUT/TATA LETAK PABRIK

Tata letak pabrik merupakan tata kelola fasilitas-fasilitas pabrik agar menunjang jalannya proses produksi lebih efisien, aman, dan ekonomis. Tata letak yang optimal dapat memperlancar hubungan antar tenaga kerja, pergerakan material, dan mempermudah apabila ingin dilakukan perluasan area pabrik. Tata letak fasilitas pabrik yang baik akan dapat memberikan manfaat-manfaat dalam sistem produksi, yaitu:

- a. Menghemat penggunaan ruang
- b. Mempermudah dalam proses pemindahan bahan/material
- c. Mempermudah hubungan antar tenaga kerja
- d. Mempersingkat waktu proses dan menurangi waktu tunggu
- e. Meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja
- f. Memudahkan dalam perawatan atau perbaikan alat
- g. Menekan biaya produksi

Pada desain dan perencanaan, elemen penting yang harus dipertimbangkan adalah pengaturan area produksi, penyimpanan persediaan, dan juga lahan alternatif, dalam posisi yang efisien dan dalam mempertimbangkan faktor-faktor Sebagai berikut (Timmerhaus, 2004):

1. Urutan proses produksi

2. Pengembangan lokasi baru atau pembahasan/pelebaran lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
3. Distribusi yang efisien pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik, dan bahan baku.
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
6. Fleksibilitas dalam perancangan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
7. Masalah pembuangan limbah cair.
8. Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, penataan lokasi bangunan di dalam kawasan pabrik minyakjagung direncanakan sebagai berikut:

1. Area proses

Kawasan produksi adalah lokasi di mana proses pembuatan minyak kelapa berlangsung, dan tempat ini ditempatkan sedemikian rupa sehingga mempermudah suplai bahan baku dari area penyimpanan serta pengiriman produk ke area penyimpanan produk.

2. Area penyimpanan

Kawasan penyimpanan adalah tempat untuk menyimpan bahan baku. Penempatan bahan baku dan produk di area penyimpanan dipilih agar dapat diakses dengan mudah oleh peralatan pengangkutan.

3. Area pemeliharaan dan perawatan pabrik.

Kawasan ini merupakan workshop tempat dilakukan kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan sesuai dengan kebutuhan pabrik.

4. Area utilitas/ sarana penunjang.

Kawasan ini adalah tempat dari peralatan pendukung produksi, yang mencakup penyediaan air, tenaga listrik, sistem pemanas, dan fasilitas pengolahan limbah.

5. Area administrasi dan perkantoran.

Kawasan ini berperan sebagai pusat administrasi pabrik, yang digunakan untuk mengurus segala kegiatan yang terkait dengan pihak luar dan dalam perusahaan.

6. Area laboratorium

Kawasan ini berperan sebagai lokasi untuk mengontrol kualitas produk dan bahan baku, serta sebagai tempat untuk kegiatan penelitian dan pengembangan (R&D).

7. Fasilitas umum

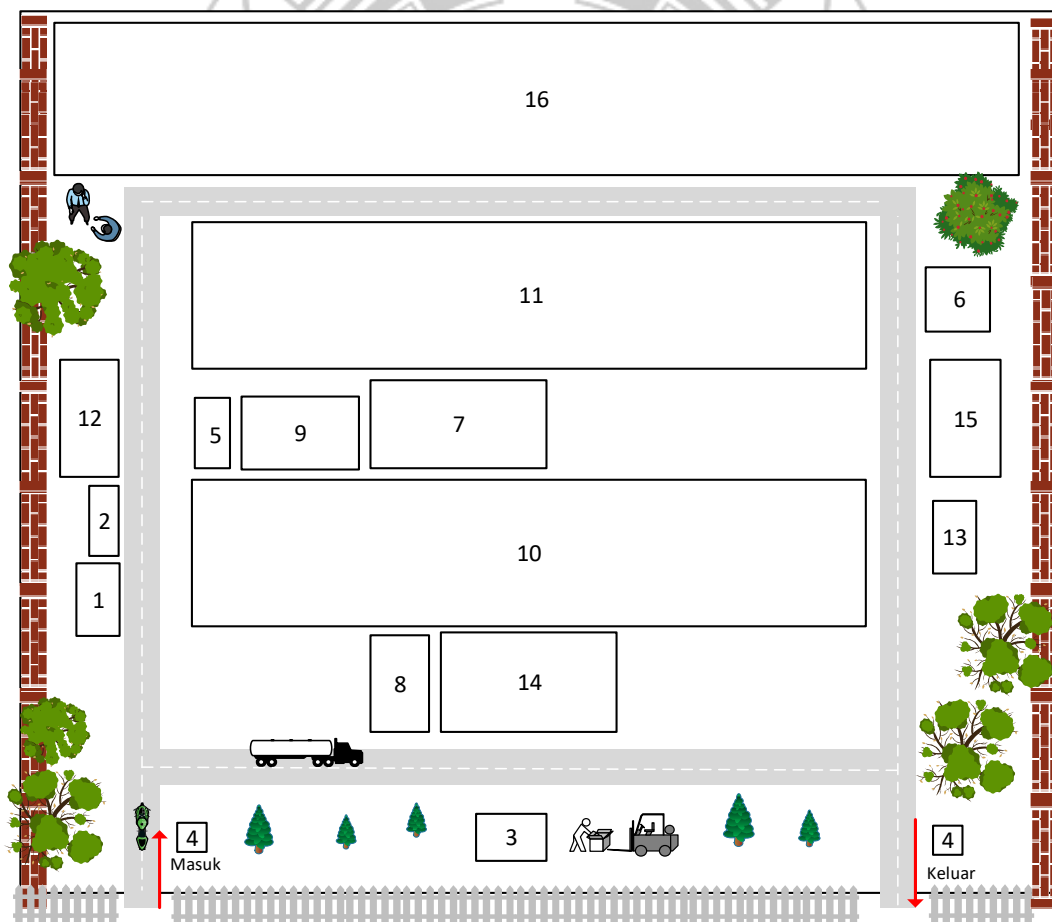
Fasilitas umum mencakup kantin, pusat kesehatan, area parkir, dan juga tempat ibadah, yaitu masjid. Semua fasilitas umum ini ditempatkan dengan

memperhatikan agar seluruh karyawan dapat mengakses dan memanfaatkannya.

8. Area perluasan

Kawasan ini disiapkan untuk rencana perluasan pabrik di masa depan.

Perluasan pabrik akan diperlukan karena perkiraan pengembangan.



Gambar 9. 1 Layout Pabrik

Keterangan gambar:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. Mushola | 9. Gudang Bahan Baku |
| 2. Kantin | 10. Area Proses |
| 3. Tempat Parkir | 11. Area Utilitas |
| 4. Pos Penjaga | 12. Taman |
| 5. Ruang Laboratorium | 13. Poli Klinik |
| 6. Bengkel | 14. Gedung Perkantoran |
| 7. Gudang Produk | 15. Gedung Peralatan |
| 8. Ruang Kontrol | 16. Area Perluasan |

Tabel 9. 1 Tata Letak Pabrik

No	Penggunaan Lahan	Panjang (m)	Lebar (m)	Banyak Unit	Luas (m ²)
1	Mushola	12	5	1	60
2	Kantin	12	4	1	48
3	Tempat Parkir	12	8	1	192
4	Pos Penjaga	5	5	2	50
5	Ruang Laboratorium	8	5	1	40
6	Bengkel	6	6	1	36
7	Gudang Produk	30	15	1	450
8	Ruang Kontrol	10	10	1	100
9	Gudang Bahan Baku	20	12	1	240
10	Area Proses	150	30	1	4500
11	Area Utilitas	150	30	1	4500
12	Taman	20	10	1	200
13	Poli Klinik	8	5	1	40

14	Gedung Perkantoran	30	17	1	510
15	Gedung Peralatan	20	12	1	240
16	Area Perluasan	300	60	1	18000

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1) Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaturan yang tepat dan efisien dalam aliran bahan baku dan produk akan membawa manfaat ekonomis yang signifikan, dan juga akan mendukung kelancaran serta keamanan produksi.

2) Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga terjadi pengendapan, dan dapat membahayakan keselamatan para tenaga kerja. Selain itu, arah angin juga harus diperhatikan dengan baik untuk menjaga keselamatan tenaga kerja yang beroperasi di ketinggian.

3) Pencahayaan

Penerangan di seluruh pabrik harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan standar pabrik, terutama di lokasi-lokasi proses yang memiliki risiko tinggi atau berbahaya. Hal ini sangat penting untuk mencegah terjadinya

ledakan atau percikan api yang dapat terjadi dalam penerangan di area-area proses tersebut.

4) Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam hal ini, perlu memperhatikan tata letak peralatan agar pekerja dapat dengan mudah dan cepat mencapai seluruh peralatan proses. Ketika terjadi gangguan pada peralatan proses, tindakan perbaikan harus dilakukan dengan cepat dan responsif untuk menghindari gangguan yang berlebihan terhadap proses produksi yang sedang berlangsung. Selain itu, keamanan pekerja selama bertugas harus menjadi prioritas utama.

5) Tata Letak Alat Proses

Dalam menentukan lokasi peralatan proses di dalam pabrik, upaya dilakukan untuk mengurangi biaya operasional, sehingga dapat menguntungkan.

6) Jarak Antara Alat Proses

Alat proses yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi sebaiknya ditempatkan dengan jarak yang memadai dari alat proses lainnya. Hal ini dilakukan agar dalam situasi terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, risiko bahaya terhadap alat proses lainnya dapat diminimalkan.

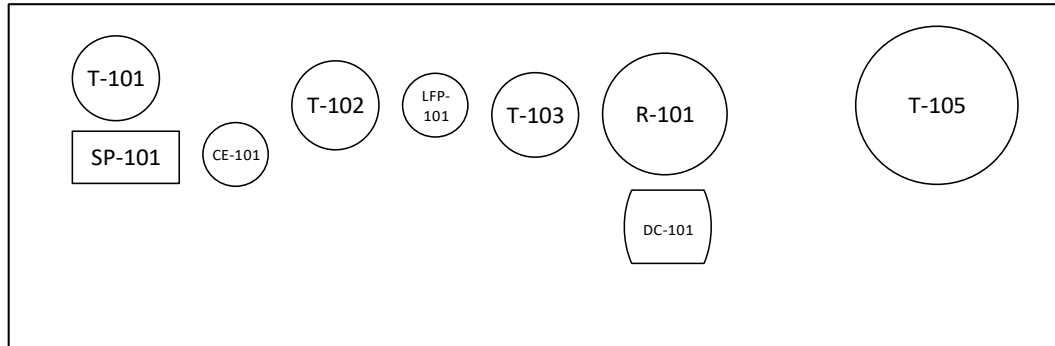
Tata letak proses harus direncanakan dengan mempertimbangkan hal berikut:

1. Kelancaran produksi harus dijamin.
2. Penggunaan luas lantai harus dioptimalkan.
3. Biaya pengelolaan material harus diminimalkan, sehingga pengeluaran modal yang tidak perlu dapat dikurangi.

4. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja.
5. Jika peralatan proses ditempatkan sedemikian rupa sehingga urutan produksi berjalan lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.
6. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja.



Tata Letak Mesin / Alat Proses (Machines Layout)



Gambar 9. 2 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)

Keterangan :

- T-101 = Tangki Perebusan
- SP-101 = Screw Press
- CE-101 = Centrifuge
- T-102 = Tangki bleaching
- LFP-101 = Leaf Filter Press
- T-103 = Tangki NaOH
- R-101 = Reaktor Netralisasi
- DC-101 = Decanter
- T-105 = Tangki penyimpanan

BAB X

ANALISA EKONOMI

Dalam menilai kelayakan pendirian dan potensi pendapatan sebuah pabrik, perlu dilakukan analisis teknis yang komprehensif. Selain itu, diperlukan pula evaluasi aspek ekonomi dan pembiayaannya. Dari hasil analisis ini, diharapkan berbagai kebijakan yang tepat dapat disusun untuk mengarahkan langkah selanjutnya. Rancangan pabrik dianggap layak untuk didirikan apabila dapat beroperasi dalam kondisi yang menguntungkan. Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai acuan untuk menentukan apakah pabrik tersebut layak dibangun dan berapa besar pendapatan yang dapat dihasilkan dari sudut pandang ekonomi. Parameter-parameter tersebut antara lain:

1. Modal Investasi/*Capital Investment* (CI)
2. Biaya Produksi Total/*Total Cost* (TC)
3. Margin Keuntungan/*Profit Margin* (PM)
4. Titik Impas/*Break Even Point* (BEP)
5. Laju Pengembalian Modal/*Return On Investment* (ROI)
6. Waktu Pengembalian Modal/*Pay Out Time* (POT)
7. Laju Pengembalian Internal/*Internal Rate of Return* (IRR)

10.1 Modal Investasi

Modal investasi mencakup seluruh dana yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik dan memulai operasional hingga menghasilkan pendapatan dari penjualan.

Modal investasi ini terdiri dari:

10.1.1 Modal Investasi Tetap (MIT)/Fixed Capital Investment (FCI)

Modal investasi tetap merupakan dana yang dibutuhkan untuk menyediakan seluruh peralatan dan fasilitas yang diperlukan dalam operasional manufaktur pabrik.

Modal investasi tetap ini terdiri dari:

1. Modal Investasi Tetap Langsung (MITL) atau Direct Fixed Capital Investment (DFCI) adalah modal yang diperlukan untuk pembangunan fasilitas pabrik, pembelian dan pemasangan mesin, peralatan proses, serta peralatan pendukung lainnya yang dibutuhkan agar pabrik dapat beroperasi.

Modal investasi tetap langsung ini meliputi:

- a. Modal untuk tanah
- b. Modal untuk bangunan
- c. Modal untuk peralatan proses
- d. Modal untuk peralatan utilitas
- e. Modal untuk instrumentasi dan alat kontrol
- f. Modal untuk perpipaan
- g. Modal untuk instalasi listrik
- h. Modal untuk insulasi
- i. Modal untuk inventaris kantor
- j. Modal untuk perlengkapan kebakaran dan keamanan
- k. Modal untuk sarana transportasi

Dari hasil perhitungan lampiran E diperoleh Modal Investasi Tetap Langsung (MITL) adalah sebesar Rp. 87.880.454.230,170

2. Modal Investasi Tetap Tak Langsung (MITTL) atau Indirect Fixed Capital Investment (IFCI) adalah modal yang dibutuhkan selama proses pendirian pabrik, mencakup biaya overhead konstruksi serta semua komponen pabrik yang tidak secara langsung terkait dengan operasi proses. Modal ini mencakup:

- a. Modal untuk pra-investasi
- b. Modal untuk engineering dan supervisi
- c. Modal biaya legalitas
- d. Modal biaya kontraktor (contractor's fee)
- e. Modal untuk biaya tak terduga (contingencies)

Dari perhitungan pada Lampiran E diperoleh modal investasi tetap tak langsung, MITTL sebesar Rp. 40.425.008.945,878

Maka total Modal Investasi Tetap (MIT),

$$\begin{aligned} \text{Total MIT} &= \text{MITL} + \text{MITTL} \\ &= \text{Rp. } 87.880.454.230,170 + \text{Rp. } 40.425.008.945,878 \\ &= \text{Rp. } 128.305.463.176,048 \end{aligned}$$

10.1.2 Modal Kerja/*Working Capital* (WC)

Modal kerja merupakan modal yang dibutuhkan untuk memulai usaha hingga bisnis menghasilkan keuntungan dari penjualan dan menjaga kelancaran arus keuangan. Pengadaan modal ini biasanya memakan waktu antara 3 hingga 4 bulan,

tergantungan pada kecepatan penerimaan hasil produksi. Dalam perancangan ini, waktu pengadaan modal kerja ditetapkan selama 3 bulan. Modal kerja tersebut mencakup:

1. Modal untuk biaya bahan baku proses, utilitas, dan pengolahan limbah.
2. Modal untuk kas.

Kas adalah cadangan yang digunakan untuk memastikan kelancaran operasional, dengan jumlah yang disesuaikan berdasarkan jenis usaha. Penggunaan kas mencakup pembayaran gaji pegawai, biaya administrasi umum dan pemasaran, pajak, serta berbagai biaya lainnya.

1. Modal untuk mulai beroperasi (*start-up*).
2. Modal untuk piutang dagang.

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh Modal kerja sebesar
Rp. 22.642.140.560,479

$$\begin{aligned} \text{Total Modal Investasi} &= \text{Modal Investasi Tetap} + \text{Modal Kerja} \\ &= \text{Rp. 128.305.463.176,048} + \text{Rp. 22.642.140.560,479} \\ &= \text{Rp. 150.947.603.736,527} \end{aligned}$$

Modal Investasi berasal dari:

1. Modal sendiri/saham-saham sebanyak 70% dari FCI. Modal sendiri adalah
Rp. 89.813.824.223,233
2. Pinjaman dari bank sebanyak 30% dari FCI. Pinjaman bank adalah
Rp. 38.491.638.952,814

10.1.3 Biaya Produksi Total (BPT)/Total Cost (TC)

Biaya produksi total mencakup semua pengeluaran yang terjadi selama pabrik beroperasi. Biaya produksi total ini terdiri dari:

10.1.4 Biaya Tetap/Fixed Cost (FC)

Biaya tetap merupakan biaya yang besarnya tidak dipengaruhi oleh volume produksi, meliputi:

1. Bunga pinjaman bank
2. Depresiasi dan amortisasi
3. Biaya tambahan industri
4. Biaya administrasi umum
5. Biaya asuransi
6. Pajak Bumi dan Bangunan (PBB)

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh biaya tetap (FC) adalah sebesar Rp. 19.245.819.476,407

10.1.5 Biaya Variabel/Variable Cost (VC)

Biaya variabel adalah biaya yang besarnya bergantung pada volume produksi. Biaya variabel ini mencakup:

1. Biaya bahan baku proses dan utilitas
2. Biaya variabel tambahan, meliputi biaya perawatan dan penanganan lingkungan, pemasaran dan distribusi.
3. Gaji tetap karyawan
4. Biaya laboratorium, penelitian, dan pengembangan

5. Biaya hak paten dan royalti

Dari hasil perhitungan pada diperoleh biaya variabel cost (VC) adalah sebesar Rp. 266.263.628.535,756

Total Penjualan

Penjualan diperoleh dari hasil penjualan produk minyak jagung murni dan dedak jagung adalah sebesar Rp. 426.666.020.674,193

10.2 Perkiraan Rugi/Laba Usaha

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh:

1. Laba sebelum pajak (bruto) = Rp. 58.537.234.465,477
2. Laba setelah pajak (netto) = Rp. 40.976.064.125,834

10.3 Analisa Aspek Ekonomi

10.3.1 Profit Margin (PM)

Profit Margin merupakan persentase yang membandingkan rata-rata keuntungan setelah pajak penghasilan (PPh) dengan total penjualan.

$$PM = \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{Harga Penjualan}} \times 100 \%$$

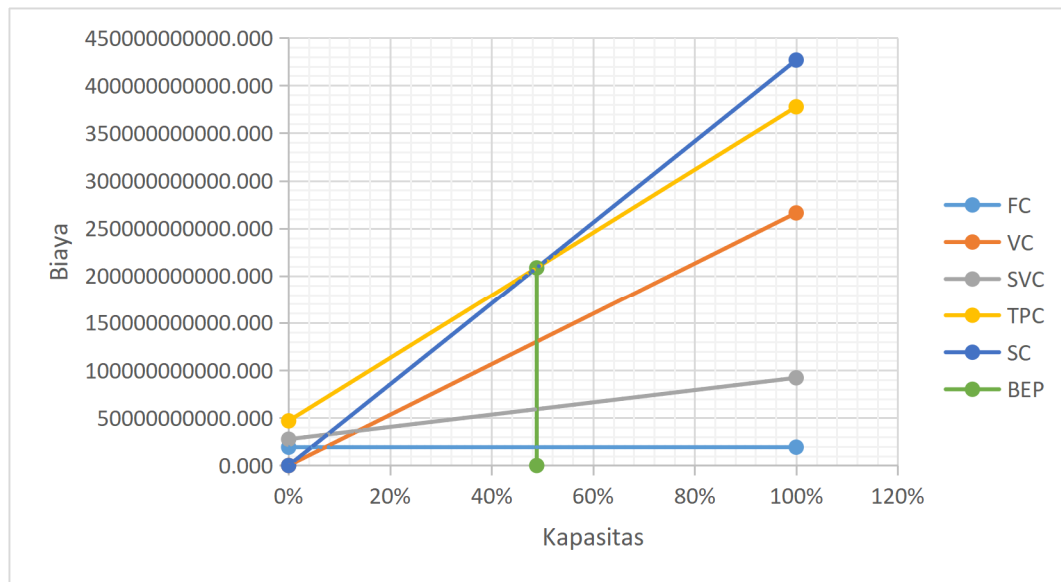
$$PM = \frac{\text{Rp. 40.976.064.125,834}}{\text{Rp. 426.666.020.674,1937}} \times 100 \%$$

$$= 9,604\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh profit margin sebesar 9,604%, maka pra rancangan pabrik ini memberikan keuntungan.

10.3.2 Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah titik di mana kapasitas produksi pabrik mencapai level di mana pendapatan dari penjualan hanya cukup untuk menutupi biaya produksi. Pada kondisi ini, pabrik tidak menghasilkan keuntungan maupun kerugian.



Grafik 10. 1 Kurva *Break Event Point* (BEP)

Terlihat pada grafik diatas bahwa $BEP = 48,87\%$, titik BEP terjadi pada kapasitas produksi pada saat 1466 ton.

Perhitungan BEP menggunakan rumus

$$BEP = \frac{FC + (0,3 \times SVC)}{S - (0,7 \times SVC) - VC} \times 100 \% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955, p. 206})$$

$$BEP = \frac{Rp. 19.245.819.476,407 + (0,3 \times Rp 92.121.141.782,814)}{Rp. 426.666.020.674 - (0,7 \times Rp 92.121.141.782,814) - Rp 266.263.628.535,75} \times 100 \%$$

$$= 48,87\%$$

10.3.3 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah jangka waktu pengembalian modal yang dihitung berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini penting untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. Dari hasil perhitungan diperoleh POT 4,35 tahun.

10.3.4 Return on Investment (ROI)

Return on Investment adalah persentase pengembalian modal per tahun yang dihitung dari penghasilan bersih.

$$\text{Percent Return On Investment (ROI)} = \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100 \%$$

Analisis ini dilakukan untuk menentukan kecepatan pengembalian modal investasi total dalam pendirian pabrik. Kategori risiko terkait pengembalian modal berdasarkan <https://www.investopedia.com> meliputi:

1. $\text{ROI} \leq 15\%$ resiko pengembalian modal rendah.
2. $15 \leq \text{ROI} \leq 45\%$ resiko pengembalian modal rata-rata.
3. $\text{ROI} \leq 45\%$ resiko pengembalian modal tinggi.

Dari hasil perhitungan diperoleh ROI sebesar 20,38%, sehingga pabrik yang akan didirikan ini termasuk resiko laju pengembalian modal rata-rata.

10.3.5 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) berdasarkan discounted cash flow adalah tingkat bunga yang membuat total penerimaan sama dengan total pengeluaran modal, sehingga seluruh biaya investasi dapat tertutup.

Apabila IRR ternyata lebih besar dari bunga ril yang berlaku, maka pabrik akan menguntungkan tetapi bila IRR lebih kecil dari bunga riil yang berlaku maka pabrik dianggap rugi. Dari perhitungan Lampiran E diperoleh IRR = 23,05%, sehingga pabrik akan menguntungkan karena lebih besar dari bunga bank.

10.3.6 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik di mana keputusan dibuat untuk menghentikan aktivitas produksi. Hal ini dapat disebabkan oleh biaya variabel yang terlalu tinggi atau keputusan manajerial karena aktivitas produksi tersebut tidak menguntungkan.

$$SDP = \frac{0,3SVC}{S-0,7SVC-VC} \times 100 \% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955, p. 207})$$

$$SDP = \frac{0,3(\text{Rp } 92.121.141.782,814)}{(\text{Rp}426.666.020.674) - 0,7(\text{Rp } 92.121.141.782) - (\text{Rp}266.263.628.535)} \times 100 \%$$

$$= 28,81\%$$

BAB XI

PENUTUP

Hasil analisa perhitungan pada Pra Rancangan Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pabrik Minyak Jagung (*Corn Oil*) ini memiliki kapasitas 3.000 ton/tahun yang didasarkan pada ketersediaan bahan baku dan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun. Bahan baku yang digunakan yaitu biji jagung jenis hybrid BISI-2
 2. Pabrik ini akan didirikan Di Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan dengan pertimbangan untuk mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, serta ketersediaan air dan listrik.
 3. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT).
 4. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik minyak jagung ini layak untuk dipertimbangkan ketahap perancangan berikutnya dengan hasil perhitungan yang di dapatkan sebagai berikut :
- a) Modal Investasi Total : Rp. 128.305.463.176,048
 - b) Total Biaya Produksi : Rp. 368.128.786.208,716
 - c) Hasil Penjualan : Rp. 426.666.020.674,193
 - d) Laba Bersih : Rp. 40.976.064.125,834
 - e) Profit Margin : 9,604%
 - f) Break Even Point : 48,87%
 - g) Return on Investment : 20,38%
 - h) Pay Out Time : 4,35 tahun
 - i) Internal Rate of Return : 23,05%

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, M. R. (2024). Harga solar industri B35 & MFO periode 01-14 April 2024. *Mega Anugerah Industri*. Diakses pada 3 September 2024, dari <https://solarindustri.com/berita/harga-solar-industri-01-14-april-2024/>
- Adnan, A. M., Rapar, C., & Zubachtirodin. (2020). *Deskripsi varietas unggul jagung (Edisi keenam)*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Kementerian Pertanian. ISBN: 979-8940-08-3.
- Alibaba. (n.d.). *Sodium hydroxide price per ton*. Alibaba. Diakses pada 2 September 2024, dari <https://indonesian.alibaba.com/g/sodium-hydroxide-price-per-ton.html>
- Andaka, G. 2009. Optimasi Proses Ekstraksi Minyak Kacang Tanah dengan Pelarut N-Heksana. *Jurnal Teknologi* 2(1)
- Apetrei, C. (2015). *Corn and coconut oil: Antioxidant properties, uses and health benefits*. In *Nutrition and Diet Research Progress* (Vol. 1, pp. 232-242). Nova Science Pub Inc.
- Aries, Robert S., and Robert D. Newton, 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Asshidiq, A. (2022). Pengaruh Dosis Vitomolt Plus Dalam Pakan Terhadap Retensi Nutrisi Juvenil Udang Vaname (*Litopenaeus Vannameis*). (Tesis Doktor, Universitas Hasanuddin).
- Badan Pusat Statistik. (2023). Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Jagung Menurut Provinsi, 2022-2023. Diakses pada 12 Mei 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjIwNCMy/luas-panen--produksi--dan-produktivitas->
- Badan Pusat Statistik. (2023). Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Jagung Menurut Provinsi, 2020-2021. Diakses pada 12 Mei 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjIwNCMy/luas-panen--produksi--dan-produktivitas-jagung-menurut-provinsi.html>
- Badan Pusat Statistik. (2024). Data Ekspor Impor Nasional. Diakses pada 12 Mei 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/exim>
- Bailey, A. E. 1951. *Industrial Oil and Fat*. New York: Interscolastic Publishing Inc.

- BPS Jenepnto. (2024). Jeneponto dalam Angka,2024. (No. Publikasi: 73040.24001). BPS Jenepnt/*BPS-Statistics of Jeneponto*. ISSN: 0215-66668.
- BPS Jeneponto. (2024). Jeneponto dalam Angka 2024. (No. Publikasi/Publication Number: 73040.24001; Katalog/Catalog: 1102001.7304). BPS-Statistics Jeneponto.
- BPS Provinsi Sulawesi Selatan. (2021). Provinsi Sulawesi Selatan dalam angka, 2021. (No. Publikasi: 1102002.73). Badan Pusat Statistik. ISSN: 0215-2990.
- Brown, G. G. (1950). *Unit operations*. John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process equipment design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Bukalapak. (n.d.). *Minyak jagung*. Bukalapak. Diakses pada 6 Juni 2024, dari <https://m.bukalapak.com/amp/products/s/minyak-jagung>
- Centrisys-CNP. (n.d.). *Pan A Comprehensive Guide to Decanter Centrifuge Operation, Service, Maintenance, and Repair*. Diakses 5 Juli 2024, dari <https://www.centrisys-cnp.com/decanter-centrifuge-operations-guide#:~:>
- Choi, Y., & Oleos, M. R. (1986). Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. In L. Maguer & P. Jelen (Eds.), *Food engineering and process applications: Vol. 1. Transport phenomenon*. Elsevier.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1999). *Chemical Engineering* (3rd ed., Vol. 6). Butterworth-Heinemann Publications.
- Dewantara, A. B., dan M. Kholil. 2015. Sistem Otomasi Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Dengna Metode SPC pada Line Finishing. *Jurnal Teknik Industri*. 3(3): 141-149.
- Dinas Pertanian Kabupaten Jeneponto. (2023). Laporan Luas Tanam, Panen, Produksi Padi dan Jagung di Kabupaten Jeneponto [File Excel]. Diakses dari: Bagian Statistik, Dinas Pertanian Kabupaten Jeneponto.
- Dwiputra, D., Jagat, A. N., Wulandari, F. K., Prakarsa, A. S., Puspaningrum, D. A., & Islamiyah, F. (2015). Minyak Jagung Alternatif Pengganti Minyak yang Sehat. *Jurnal Teknologi Pangan*, 12(2), 45-56.
- Editor Brighton. (2023). Harga borongan cor beton manual & cara hitung komposisinya. *Brighton*. Diakses pada 3 September 2024 , dari

<https://www.brighton.co.id/about/articles-all/harga-borongan-cor-beton-manual-and-cara-hitung-komposisinya>

- Ferdinantara, K. A., & Hidayat, H. H. (2023). Analisis kelayakan usaha dan aspek keteknikan Tiller untuk usaha tani jagung di PT. Hibrida Jaya Unggul. *Agrokompleks*, 23(1).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2022). *Maize in Human Nutrition*. Diakses pada 10 April 2024, dari <https://www-fao-org.translate.goog/>
- Geankoplis, C. J. (2003). *Transport Processes and Separation Process Principles* (4th ed.). Prentice Hall Inc.
- Geankoplis, C. J., (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Global Change Data Lab. (2022). *Maize Production*. Diakses pada 24 Mei 2024, dari <https://ourworldindata.org/grapher/maiz-e-production>
- Gooch, J. W. (2010). *Encyclopedia dictionary of polymers (2nd ed.)*. Springer. ISBN 978-1-4419-6246-1.
- Hall, S. (2020, October 1). Rules of thumb: Tanks and vessels. *The Chemical Engineer*. Diakses pada 23 Agustus 2024, dari <https://www.thechemicalengineer.com/features/rules-of-thumb-tanks-and-vessels/>
- Harvey Water Softeners. (n.d.). *Why is hardness expressed as different measures?* Harvey Water Softeners. Diakses pada 2 September 2024, dari <https://www.harveywatersofteners.co.uk/faq/why-is-hardness-expressed-as-different-measures/>
- Hasballah, T., & Siregar, L. H. (2020). Analisa pemakaian jumlah BE (*Bleaching Earth*) terhadap kualitas warna DBPO (*Degummed Bleached Palm Oil*) pada tangki bleacher (D202) dengan kapasitas 2000 ton/hari di unit refinery PT. SMART Tbk Belawan. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 1(1), 9-16.
- Heldman, D. R., & Lund, D. B. (Eds.). (2006). *Handbook of food engineering* (2nd ed.). CRC Press.
- Hodgum, A. S. (1995). Refining and bleaching. In Y. H. Hui (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products: Edible oil and fat products: Processing technology* (pp. 1-15). John Wiley & Sons Inc.

- IDM Steamboiler. (n.d.). *Deaerator tank*. IDM Steamboiler. Diakses pada 5 September 2024, dari <https://www.idmsteamboiler.co.id/product/deaerator-tank-p611311.aspx>
- Jenkins, S. (2020). 2019 Chemical Engineering Plant Cost Index annual average. *Chemical Engineering*. Diakses pada 5 September 2024, dari <https://www.chemengonline.com/2019-chemical-engineering-plant-cost-index-annual-average/>
- Kementerian Kesehatan. (2023). Manfaat Kesehatan Jagung. Diakses dari: https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/2668/manfaat-minyak-jagung
- Kern, D. Q. (1950). *Process heat transfer*. McGraw-Hill International Book Company Inc.
- Kern, D. Q. (1983). *Process heat transfer*. McGraw-Hill International Book Company Inc.
- Ketaren, S. (1986). *Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia Press.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *The stability and shelf life of food*. Woodhead Publishing.
- Koswara, S. (2009). *Teknologi Pengolahan Jagung (Teori dan Praktek)*. eBookPangan.com.
- Kusmasari, W., D. Cahyadi, & W. O. Widyarto. (2014). *Perancangan Instrumen Performance Assesment Pada Sistem Keselamatan Kerja Berbasis Metode Employee Safety Performance Survey*. IENACO.
- Lautan Air Indonesia. (2024). *Aluminum sulfat*. Lautan Air Indonesia. Diakses pada 3 September 2024, dari <https://www.lautanairindonesia.com/id/aluminum-sulfate/>
- Lewis, M.J. (1990). *Physical Properties of Foods and Food Processing Systems*. Woodhead Publishing.
- Marlini, K., Khoirunisa, & Irawati, D. C. (2022). Pemanfaatan Jagung Sebagai Alternatif Minyak Goreng Dan Upaya Peningkatan Income Masyarakat Di Desa Sojomerto. *Jurnal Ilmiah Teknik Rontgen*, 3(2), 933-936.

- Marunduri, F. J. (2009). *Pengaruh Waktu Inap CPO pada Storage Tank Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas, Kadar Air, dan Kadar Kotoran di PTPN III Tebing Tinggi PKS Kebun Rambutan*. Karya Ilmiah. Universitas Sumatera Utara.
- Matché. (2014). *Harga peralatan*. Matché. Diakses pada Agustus-September 2024, dari www.matche.com
- Metal Sarana Kreasi. (2022). *Biaya bangun gudang per meter 2022*. Diakses pada 6 September 2024, dari <https://metalsaranakreasi.com/biaya-bangun-gudang-per-meter-2022/>
- MSDS Tradeasia International Pte Ltd (2018). *Material Safety Data Sheet Soap*. Singapore: Tradeasia International Pte Ltd.
- Ningsih, E. W. T. (2024). Pengadukan dan pencampuran alum. *Jurnal Teknik Kimia*, 30(2), 2024.
- Ningtyas, D., & Hendrawati, N. (2022). Analisis ekonomi pra rancangan pabrik kimia cucumber soap kapasitas 6.300 ton/tahun. *Distilat*, 8(4), 695-703. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2009 tentang Standar Kualitas Air.
- Perry, R.H and Grens, D.W. (2008). "Chemical engineering's Hand Book", 8th ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo
- Perry, R.H., & Green, D.W. (1999). *Perry's Chemical Engineers Handbook, 7th Edition*. Mc-Graw Hill: New York
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant design and economics for chemical engineers* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Peters, M.S., Timmerhaus, Klaus, dan West, Ronald E. (2004). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th Ed. Singapore: McGraw Hill.
- Proses *Dry Milling*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Purnawan, I., & Sugono. (2020). Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Rendemen α -Naftol pada Proses Pembuatan α -Naftol. *Konversi*, 5(1), ISSN 2252-7311.
- Reid, R. C., Prausnitz, J. M., & Poling, B. E. (1987). *The Properties of Gases and Liquids* (4th ed.). McGraw-Hill Book Co. Inc.

- Reklaitis, G. V. (1983). *Introduction to Material and Energy Balance*. John Wiley and Sons Inc.
- Rivai, V. (2006). *Manajemen Sumber Daya Manusia untuk Perusahaan dari Teori ke Praktik*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Rivai, V. (2006). *Manajemen sumber daya manusia untuk perusahaan: Dari teori ke praktik*. PT Raja Grafindo Persada.
- Sabdoadi. (1979). *Pencegahan Kecelakaan Kerja di Industri*. Surabaya: Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- Salvendy, G. (Ed.). (2001). *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management* (3rd ed.). Wiley.
- Sino Filter Press. (n.d.). *Corrosion-resistant chemical engineer filter press*. Sino Filter Press. Diakses pada 3 Juli 2024, dari <http://id.sino-filterpress.com/filterpress/chemical-and-pharmaceutical-filter-press/corrosion-resistant-chemicalengineer.html>
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (1996). *Introduction to chemical engineering thermodynamics* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbott, M.M. (2005). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (7th ed.). McGraw-Hill.
- SNI 01-3920-1995: Persyaratan Mutu Jagung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 01-4483-1998: Jagung - Bahan Baku Pakan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Soboleva, V. G., Begunov, D. A., & Begunova, L. A. (2019). Physico-chemical properties of a system $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{SO}_4-\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 18 \text{H}_2\text{O}$. *Journal of Physics*, 1172(1), 012085. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1172/1/012085>
- Suarni & Yasin, M. (2021). *Jagung sebagai Sumber Pangan Fungsional*. Maros: Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Suarni, & Widowati, S. (2007). *Struktur, komposisi dan nutrisi jagung*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Sugeng, A.M et al. (2005). *Bunga Rampai Hiperkes & KK Edisi kedua*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

- Swern, D. (Ed.). (1964). *Industrial oil and fat products*. Interscience / John Wiley.
- Syaubari, & Mahidin. (2009). *Azas teknik kimia*. Darussalam Banda Aceh, Syiah Kuala University Press. ISBN 978-979-8278-68-6
- Thursina, A. R., & Bilqis, N. (2019). Prarancangan Pabrik Minyak Jagung Dengan Kapasitas Produksi 2.000 Ton/Tahun. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Tim Penulis BDRST. (2008). *Membangun pabrik biodiesel*.
- Ulrich, G.D. (1984). "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics". John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Umar, H., (2003). *Business an Introduction*. 2nd ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- United States Department of Agriculture. (2023). *Agricultural Research Service, food data central*. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Wibowo, H., Luthfi, M., & Wahyono, A. (2017). Penjadwalan mesin screw press stasiun kempa pada produksi CPO (crude palm oil) dan kernel menggunakan metode indikator. In *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC* (pp. 1-10). ISSN: 2579-6429, Surakarta.
- Widarta, I. W. R. (2008). *Kendali proses deadisifikasi dalam pemurnian minyak sawit merah skala pilot plant* [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Woodbury, K. A. (2003). *Inverse engineering handbook*. In *The Mechanical Engineering Handbook Series* (Vol. 1). CRC Press. Boca Raton, FL. ISBN: 0849308615, 9780849308611.
- Wu, S., Li, W., & Wang, H. (2019). *Research on Preparation of Activated Bleaching Earth Using Bentonite and Acid Activation*. *Advanced Materials Research*, 1130, 89-93.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical property handbook*. McGraw-Hill *Handbooks*. McGraw-Hill. ISBN: 0070734011, 9780070734012.
- Zhirkova, E & Skorokhodova, M. & Martirosyan, Vilena & Sotchenko, E. & Malkina, V. & Shatalova, T. (2016). *Chemical composition and antioxidant activity of corn hybrids grain of different pigmentation*. *Food and Raw Materials*. 4. 85-91. 10.21179/2308-4057-2016-2-85-9

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas produksi : 3.000 Ton/Tahun

Bahan baku : Biji Jagung

Produksi : Minyak Jagung

Perhitungan neraca massa pada pabrik minyak jagung dari biji jagung dilakukan atas dasar:

Basis umpan masuk : 1000 Kg/Jam

Satuan : Kg/Jam

Waktu operasi : 330 Hari/Tahun

Jam operasi : 24 Jam/Hari

Kapasitas produksi : 3.000 Ton/Tahun

$$\begin{aligned} &= \frac{3.000 \text{ Ton}}{1 \text{ Tahun}} \times \frac{1.000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ Hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}} \\ &= 378,788 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa dengan basis biji jagung 1.000 Kg/Jam, diperoleh produksi minyak jagung sebesar 47,195 Kg/Jam. Maka dari itu, faktor pengali (fp) harus dicari terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} \text{Faktor pengali (fp)} &= \frac{\text{Produksi minyak berdasarkan perhitungan kapasitas}}{\text{Produksi minyak berdasarkan basis}} \\ &= \frac{378,788}{47,195} \\ &= 8,025998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas biji jagung (aktual)} &= \text{Basis perhitungan biji jagung} \times \text{fp} \\
 &= 1.000 \text{ Kg/Jam} \times 8,025998 \\
 &= 8.025,998
 \end{aligned}$$

Komposisi umpan biji menurut Suarni dan Widowati (2007) dalam Thursina, AR & Bilqis, N (2019) dapat dilihat pada Tabel A.1 berikut:

Tabel A.1 Komposisi Biji Jagung

No.	Komponen	Jumlah (%)
1.	Air	10,5
2.	Abu	1,7
3.	Protein	10,3
4.	Serat Kasar	2,2
5.	Minyak Jagung	5
6.	Karbohidrat	70,3

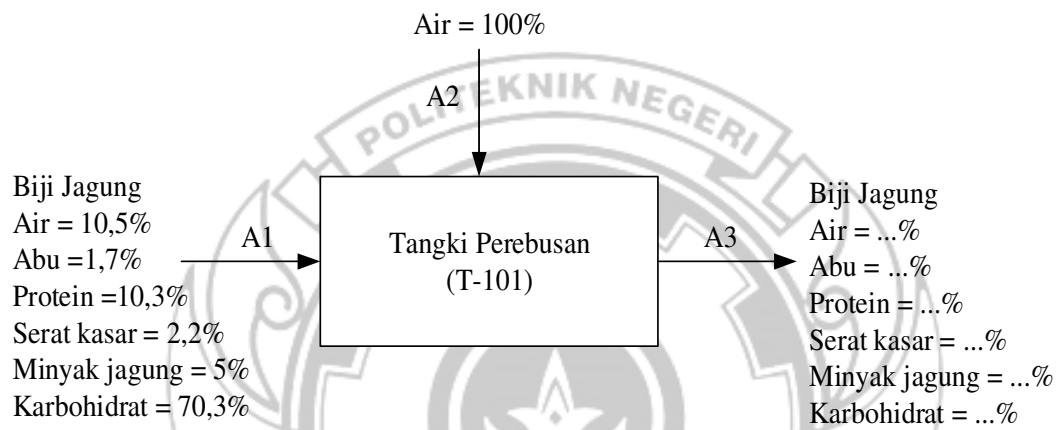
Adapun komposisi minyak jagung dapat dilihat pada Tabel A.2 berikut:

Tabel A.2 Komposisi Minyak Jagung

No.	Komponen	Jumlah (%)
1.	Trigliserida	95,2
2.	FFA	2,5
3.	Fosfolipid	1
4.	Fitosterol	1,2
5.	Tokoferol	0,1

A.1 Tangki Perebusan (T-101)

Tangki perebusan berfungsi sebagai tempat untuk melunakkan serta menghilangkan kuman yang terdapat pada bahan baku biji jagung. Aliran masuk dan keluar unit dapat dilihat pada Gambar A.1.



Gambar A.1 Neraca Massa Tangki Perebusan (T-101)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$$A1 + A2 = A3$$

$$1.000 \text{ Kg/Jam} + A2 = A3$$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A3

- Air

$$(A_{\text{Air}}^1 \times 10,5\%) + (A_{\text{Air}}^2 \times 89,5\%) = A_{\text{Air}}^3$$

$$(1.000 \times 10,5\%) + (1.000 \times 89,5\%) = A_{\text{Air}}^3$$

$$105 \text{ Kg/Jam} + 895 \text{ Kg/Jam} = 1.000 \text{ Kg/Jam}$$

- Abu

$$A_{\text{Abu}}^1 \times 1,7\% = A_{\text{Abu}}^3$$

$$1000 \text{ Kg/Jam} \times 1,7\% = 17 \text{ Kg/Jam}$$

- Protein

$$A_{\text{P}}^1 \times 10,3\% = A_{\text{P}}^3$$

$$1000 \text{ Kg/Jam} \times 10,3\% = 103 \text{ Kg/Jam}$$

- Serat Kasar

$$A_{\text{SK}}^1 \times 2,2\% = A_{\text{SK}}^3$$

$$1000 \text{ Kg/Jam} \times 2,2\% = 22 \text{ Kg/Jam}$$

- Minyak Jagung

$$A_{\text{MJ}}^1 \times 5\% = A_{\text{MJ}}^3$$

$$1000 \text{ Kg/Jam} \times 5\% = 50 \text{ Kg/Jam}$$

- Karbohidrat

$$A_{\text{K}}^1 \times 70,3\% = A_{\text{K}}^3$$

$$1000 \text{ Kg/Jam} \times 70,3\% = 703 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A2

Menurut Koswara (2009) pada tangki perbusan digunakan perbandingan 1:1 antara air dengan jumlah biji jagung kering yang masuk.

$$1000 - (A_{\text{Air}}^1 \times 10,5\%) = A_{\text{Air}}^2$$

$$1000 - (1.000 \times 10,5\%) = 895 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A3

$$A_{\text{Air}}^3 + A_{\text{Abu}}^3 + A_{\text{P}}^3 + A_{\text{SK}}^3 + A_{\text{MJ}}^3 + A_{\text{K}}^3 = A_3$$

$$(1.000 + 17 + 103 + 22 + 50 + 703) \text{ Kg/Jam} = 1.895 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_1 + A_2 = A_3$$

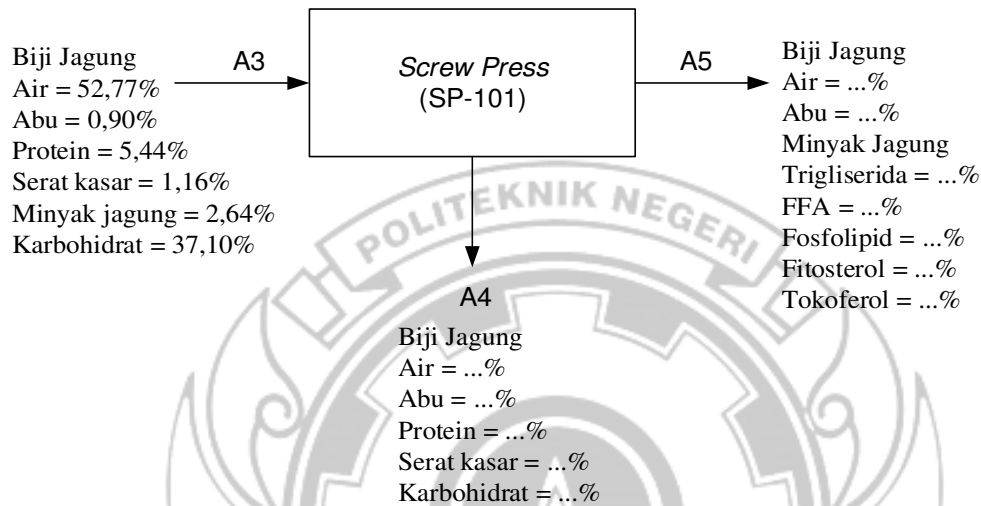
$$1.000 \text{ Kg/Jam} + 895 \text{ Kg/Jam} = 1.895 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.3 Neraca Massa Tangki Perebusan

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A1 (Masuk)			A3 (Keluar)		
Air	10,5	105	Air	52,770	1000
Abu	1,7	17	Abu	0,897	17
Protein	10,3	103	Protein	5,435	103
Serat Kasar	2,2	22	Serat Kasar	1,161	22
Minyak Jagung	5	50	Minyak Jagung	2,639	50
Karbohidrat	70,3	703	Karbohidrat	37,098	703
Total		1000			
A2 (Masuk)					
H ₂ O	100	895			
Total		1895	Total		1895

A.2 Screw Press (SP-101)

Screw press berfungsi untuk mengepres biji jagung yang telah lunak hingga diperoleh minyak mentah (*crude corn oil*) dapat dilihat pada Gambar A.2.



Gambar A.2 Neraca Massa *Screw Press* (SP-101)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$A_3 = A_4 + A_5$

1.895 Kg/Jam = $A_4 + A_5$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A4

Alat *screw press* memiliki efisiensi sebesar 93% (Wibowo, et al. 2017)

- Air

$$A_{\text{Air}}^3 \times 93\% = A_{\text{Air}}^4$$

$$1.000 \text{ Kg/Jam} \times 93\% = 930 \text{ Kg/Jam}$$

- Abu

$$A_{\text{Abu}}^3 \times 93\% = A_{\text{Abu}}^4$$

$$17 \text{ Kg/Jam} \times 93\% = 15,810 \text{ Kg/Jam}$$

- Protein

$$A_{\text{P}}^3 = A_{\text{P}}^4$$

$$103 \text{ Kg/Jam} = 103 \text{ Kg/Jam}$$

- Serat Kasar

$$A_{\text{SK}}^3 = A_{\text{SK}}^4$$

$$22 \text{ Kg/Jam} = 22 \text{ Kg/Jam}$$

- Karbohidrat

$$A_{\text{K}}^3 = A_{\text{K}}^4$$

$$703 \text{ Kg/Jam} = 703 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A5

- Air

$$A_{\text{Air}}^3 - A_{\text{Air}}^4 = A_{\text{Air}}^5$$

$$1.000 \text{ Kg/Jam} - 930 \text{ Kg/Jam} = 70 \text{ Kg/Jam}$$

- Abu

$$A_{\text{Abu}}^3 - A_{\text{Abu}}^4 = A_{\text{Abu}}^5$$

$$17 \text{ Kg/Jam} - 15,810 \text{ Kg/Jam} = 1,190 \text{ Kg/Jam}$$

- Triglicerida

$$A_{MJ}^3 \times 95,2\% = A_{Tri}^5$$

$$50 \text{ Kg/Jam} \times 95,2\% = 47,600 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{MJ}^3 \times 2,5\% = A_{FFA}^5$$

$$50 \text{ Kg/Jam} \times 2,5\% = 1,250 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{MJ}^3 \times 1\% = A_{Fo}^5$$

$$50 \text{ Kg/Jam} \times 1\% = 0,500 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{MJ}^3 \times 1,2\% = A_{Fi}^5$$

$$50 \text{ Kg/Jam} \times 1,2\% = 0,600 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_{MJ}^3 \times 0,1\% = A_T^5$$

$$50 \text{ Kg/Jam} \times 0,1\% = 0,050 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A4

$$A_{Air}^4 + A_{Abu}^4 + A_P^4 + A_{SK}^4 + A_K^4 = A4$$

$$(930 + 15,810 + 103 + 22 + 703) \text{ Kg/Jam} = 1.773,810 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A5

$$A_{Air}^5 + A_{Abu}^5 + A_{Tri}^5 + A_{FFA}^5 + A_{Fo}^5 + A_{Fi}^5 + A_T^5 = A5$$

$$(70 + 1,190 + 47,600 + 1,250 + 0,500 + 0,600 + 0,050) \text{ Kg/Jam} = 121,190 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

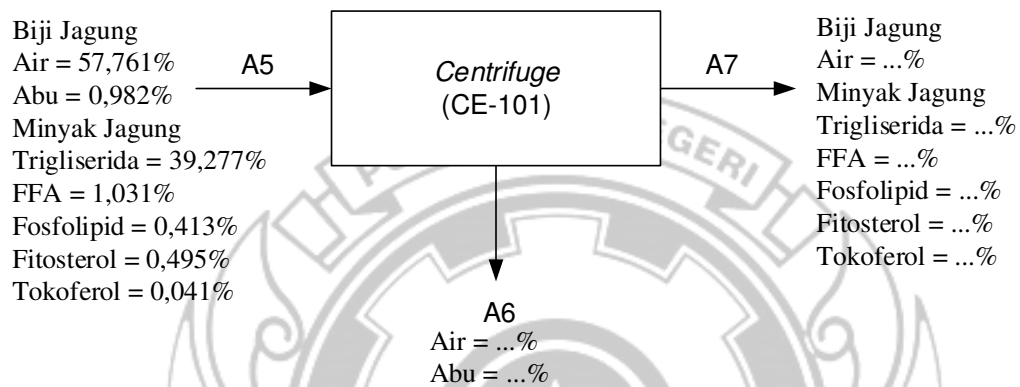
$$\begin{aligned}
 A3 &= A4 + A5 \\
 1.895 \text{ Kg/Jam} &= A4 + A5 \\
 1.895 \text{ Kg/Jam} &= 1.773,810 \text{ Kg/Jam} + 121,190 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel A.4 Neraca Massa *Screw Press*

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A3 (Masuk)			A4 (Keluar)		
Air	52,770	1000	Air	52,430	930
Abu	0,897	17	Abu	0,891	15,810
Protein	5,435	103	Protein	5,807	103
Serat Kasar	1,161	22	Serat Kasar	1,240	22
Minyak Jagung	2,639	50	Karbohidrat	39,632	703
Karbohidrat	37,098	703	Total	100	1773,810
			A5 (Keluar)		
			Air	57,761	70
			Abu	0,982	1,190
			Minyak Jagung		
			Trigliserida	39,277	47,600
			FFA	1,031	1,250
			Fosfolipid	0,413	0,500
			Fitosterol	0,495	0,600
			Tokoferol	0,041	0,050
			Total	100	121,1900
Total		1895	Total		1895

A.3 Centrifuge (CE-101)

Centrifuge digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan yakni *crude corn oil* dengan sisa-sisa ampas yang masih terbawa. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.3.



Gambar A.3 Neraca Massa *Centrifuge* (CE-101)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$$A5 = A6 + A7$$

$$1.895 \text{ Kg/Jam} = A6 + A7$$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A6

Alat *centrifuge* memiliki efisiensi sebesar 90%

- Air

$$A_{\text{Air}}^5 \times 90\% = A_{\text{Air}}^6$$

$$70 \text{ Kg/Jam} \times 90\% = 63 \text{ Kg/Jam}$$

- Abu

$$A_{\text{Abu}}^5 = A_{\text{Abu}}^6$$

$$1,190 \text{ Kg/Jam} = 1,190 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A7

- Air

$$A_{\text{Air}}^5 - A_{\text{Air}}^6 = A_{\text{Air}}^7$$

$$70 \text{ Kg/Jam} - 63 \text{ Kg/Jam} = 7 \text{ Kg/Jam}$$

- Triglicerida

$$A_{\text{Tri}}^5 = A_{\text{Tri}}^7$$

$$47,600 \text{ Kg/Jam} = 47,600 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^5 = A_{\text{FFA}}^7$$

$$1,250 \text{ Kg/Jam} = 1,250 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^5 = A_{\text{Fo}}^7$$

$$0,500 \text{ Kg/Jam} = 0,500 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^5 = A_{\text{Fi}}^7$$

$$0,600 \text{ Kg/Jam} = 0,600 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol



$$A_T^5 = A_T^7$$

$$0,050 \text{ Kg/Jam} = 0,050 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A6

$$A_{Air}^6 + A_{Abu}^6 = A_6$$

$$(63 + 1,190) \text{ Kg/Jam} = 64,190 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A7

$$A_{Air}^7 + A_{Tri}^7 + A_{FFA}^7 + A_{Fo}^7 + A_{Fi}^7 + A_T^7 = A_7$$

$$(7 + 47,600 + 1,250 + 0,500 + 0,600 + 0,050) \text{ Kg/Jam} = 57 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_5 = A_6 + A_7$$

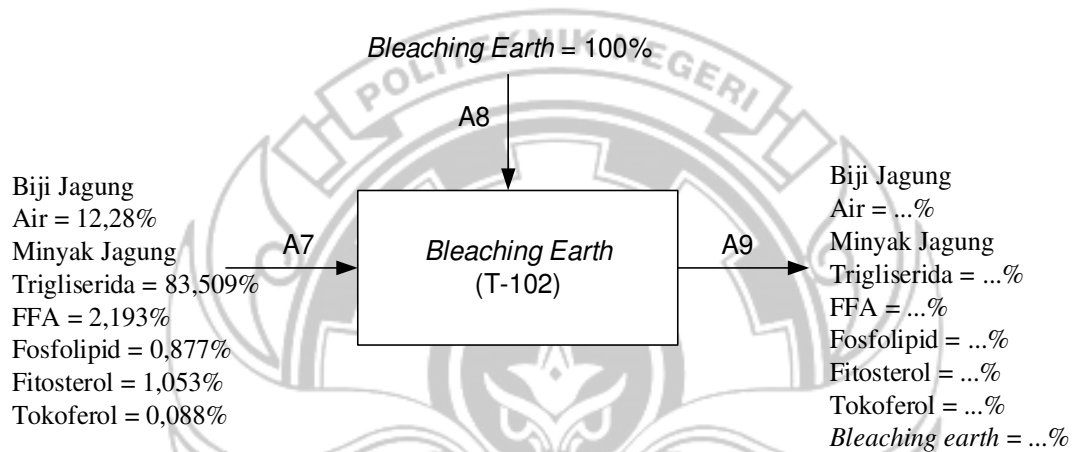
$$121,190 \text{ Kg/Jam} = 64,190 \text{ Kg/Jam} + 57 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.5 Neraca Massa *Centrifuge*

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A5 (Masuk)			A6 (Keluar)		
Air	57,761	70,000	Air	98,146	63,000
Abu	0,982	1,190	Abu	1,854	1,190
			Total	100	64,190
Minyak Jagung			A7 (Keluar)		
Trigliserida	39,277	47,600	Air	12,281	7
FFA	1,031	1,250	Minyak Jagung		
Folifosfid	0,413	0,500	Trigliserida	83,509	47,600
Fitosterol	0,495	0,600	FFA	2,193	1,250
Tokoferol	0,041	0,050	Fosfolipid	0,877	0,500
			Fitosterol	1,053	0,600
			Tokoferol	0,088	0,050
			Total	100,00	57,00
Total		121,190	Total		121,190

A.4 Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Bleaching Earth digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang sekaligus menjernihkan minyak jagung yang akan dihasilkan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.4.



Gambar A.4 Neraca Massa *Bleaching Earth* (BE-104)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$$A7 + A8 = A9$$

$$57 \text{ Kg/Jam} + A8 = A9$$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A8

Menurut Ketaren dalam Thursina, AR & Bilqis, N (2019) untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan pada minyak digunakan *bleaching earth* sebanyak 1%.

Bleaching Earth

$$A_7 \times 1\% = A_8$$

$$57 \text{ Kg/Jam} \times 1\% = 0,570 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A9

- Air

$$A_{Air}^7 = A_{Air}^9$$

$$7 \text{ Kg/Jam} = 7 \text{ Kg/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{Tri}^7 = A_{Tri}^9$$

$$47,600 \text{ Kg/Jam} = 47,600 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{FFA}^7 = A_{FFA}^9$$

$$1,250 \text{ Kg/Jam} = 1,250 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

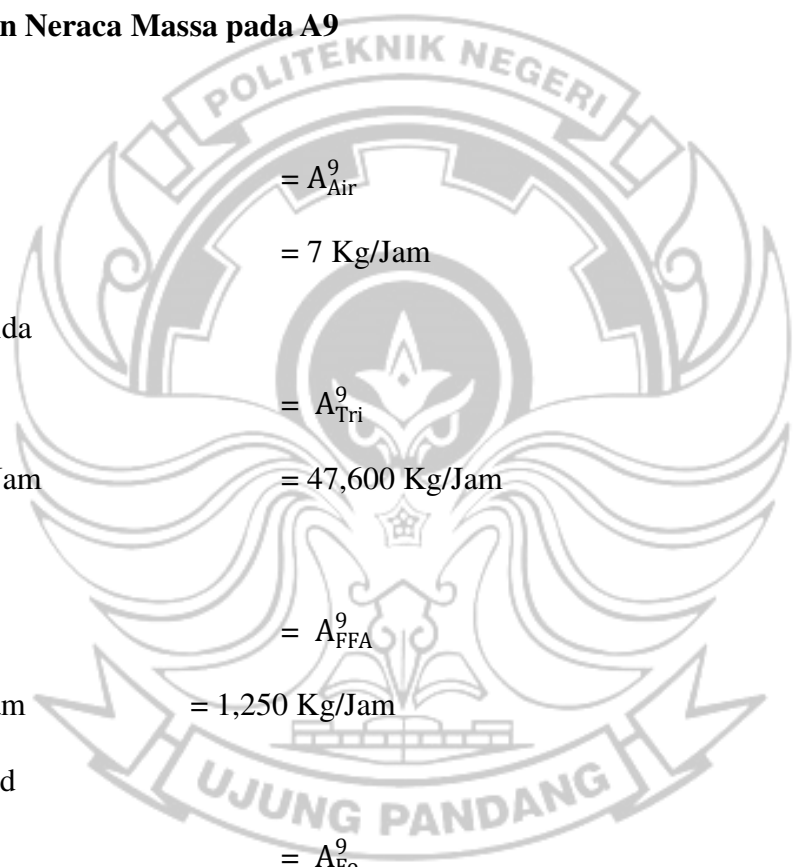
$$A_{Fo}^7 = A_{Fo}^9$$

$$0,500 \text{ Kg/Jam} = 0,500 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{Fi}^7 = A_{Fi}^9$$

$$0,600 \text{ Kg/Jam} = 0,600 \text{ Kg/Jam}$$



- Tokoferol

$$A_T^7 = A_T^9$$

$$0,050 \text{ Kg/Jam} = 0,050 \text{ Kg/Jam}$$

- *Bleaching Earth*

$$A_8 = A_{Be}^9$$

$$0,570 \text{ Kg/Jam} = 0,570 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A8

$$0,570 \text{ Kg/Jam} = A_8$$

Neraca Massa A9

$$A_{Air}^9 + A_{Tri}^9 + A_{FFA}^9 + A_{Fo}^9 + A_{Fi}^9 + A_T^9 + A_{Be}^9 = A_9$$

$$(7 + 47,600 + 1,250 + 0,500 + 0,600 + 0,050 + 0,570) \text{ Kg/Jam} = 57,570 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_7 + A_8 = A_9$$

$$57 \text{ Kg/Jam} + A_8 = A_9$$

$$57 \text{ Kg/Jam} + 0,570 \text{ Kg/Jam} = 57,570 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.6 Neraca Massa Tangki *Bleaching Earth*

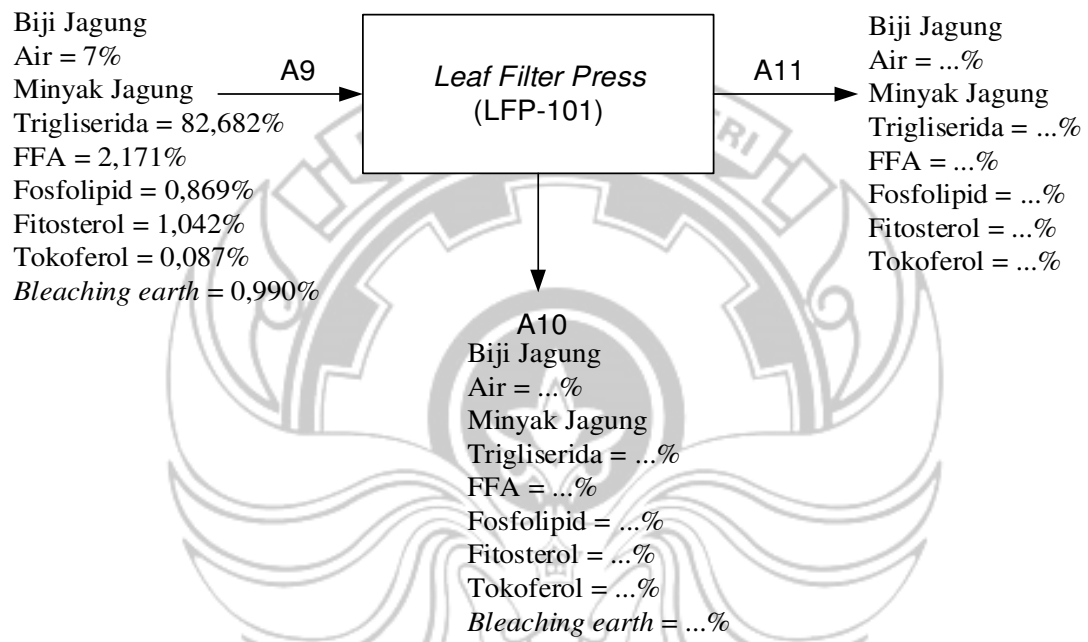
Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A7 (Masuk)			A9 (Keluar)		
Air	12,281	7	Air	12,159	7
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	83,509	47,600	Trigliserida	82,682	47,600
FFA	2,193	1,250	FFA	2,171	1,250
Fosfolipid	0,877	0,500	Fosfolipid	0,869	0,500
Fitosterol	1,053	0,600	Fitosterol	1,042	0,600
Tokoferol	0,088	0,050	Tokoferol	0,087	0,050

Total	57	Bleaching Earth	0,990	0,570
A8 (Masuk)				
Bleaching Earth	1		0,570	
Total	57,570	Total	57,570	



A.5 Leaf Filter Press (LFP-101)

Leaf Filter Press digunakan untuk memisahkan *bleaching earth* yang terikut pada minyak setelah melalui tangki *bleaching earth*. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.5



Gambar A.5 Neraca Massa *Leaf Filter Press* (LFP-101)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

A9 = A10 + A11

57,570 Kg/Jam = A10 + A11

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A10

Alat *press* memiliki efisiensi sebesar 93% terhadap laju air, fosfolipid, fitosterol, tokoferol, dan FFA pada saat proses pengepresan, sedangkan 0,2% trigliserida hilang (Wibowo, et al. 2017).

- Air

$$A_{\text{Air}}^9 \times 93\% = A_{\text{Air}}^{10}$$
$$7 \text{ Kg/Jam} \times 93\% = 6,510 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^9 \times 93\% = A_{\text{FFA}}^{10}$$
$$1,250 \text{ Kg/Jam} \times 93\% = 1,163 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^9 \times 93\% = A_{\text{Fo}}^{10}$$
$$0,500 \text{ Kg/Jam} \times 93\% = 0,465 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^9 \times 93\% = A_{\text{Fi}}^{10}$$
$$0,600 \text{ Kg/Jam} \times 93\% = 0,558 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_{\text{T}}^9 \times 93\% = A_{\text{T}}^{10}$$
$$0,050 \text{ Kg/Jam} = 0,047 \text{ Kg/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{\text{Tri}}^9 \times 0,2\% = A_{\text{Tri}}^{10}$$

$$47,600 \text{ Kg/Jam} \times 0,2\% = 0,095 \text{ Kg/Jam}$$

- *Bleaching Earth*

$$A_{\text{Be}}^9 = A_{\text{Be}}^{10}$$

$$0,570 \text{ Kg/Jam} = 0,570 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A11

- Air

$$A_{\text{Air}}^9 - A_{\text{Air}}^{10} = A_{\text{Air}}^{11}$$

$$7 \text{ Kg/Jam} - 6,510 \text{ Kg/Jam} = 0,490 \text{ Kg/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{\text{Tri}}^9 - A_{\text{Tri}}^{10} = A_{\text{Tri}}^{11}$$

$$47,600 \text{ Kg/Jam} - 0,095 \text{ Kg/Jam} = 47,505 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^9 - A_{\text{FFA}}^{10} = A_{\text{FFA}}^{11}$$

$$1,250 \text{ Kg/Jam} - 1,163 \text{ Kg/Jam} = 1,087 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^9 - A_{\text{Fo}}^{10} = A_{\text{Fo}}^{11}$$

$$0,500 \text{ Kg/Jam} - 0,465 \text{ Kg/Jam} = 0,035 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^9 - A_{\text{Fi}}^{10} = A_{\text{Fi}}^{11}$$

$$0,600 \text{ Kg/Jam} - 0,558 \text{ Kg/Jam} = 0,042 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_T^9 - A_T^{10} = A_T^{11}$$

$$0,050 \text{ Kg/Jam} - 0,0465 \text{ Kg/Jam} = 0,0035 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A10

$$A_{Air}^{10} + A_{FFA}^{10} + A_{Fo}^{10} + A_{Fi}^{10} + A_T^{10} + A_{Tri}^{10} + A_{Be}^{10} = A_{10}$$

$$(6,510 + 1,163 + 0,465 + 0,558 + 0,047 + 0,095 + 0,570) \text{ Kg/Jam} = 9,407 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A11

$$A_{Air}^{11} + A_{Tri}^{11} + A_{FFA}^{11} + A_{Fo}^{11} + A_{Fi}^{11} + A_T^{11} + A_{Be}^{11} = A_{11}$$

$$(0,490 + 47,505 + 1,087 + 0,035 + 0,042 + 0,0035) \text{ Kg/Jam} = 48,163 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_9 = A_{10} + A_{11}$$

$$57,570 \text{ Kg/Jam} = A_{10} + A_{11}$$

$$57,570 \text{ Kg/Jam} = 9,407 \text{ Kg/Jam} + 48,163 \text{ Kg/Jam}$$

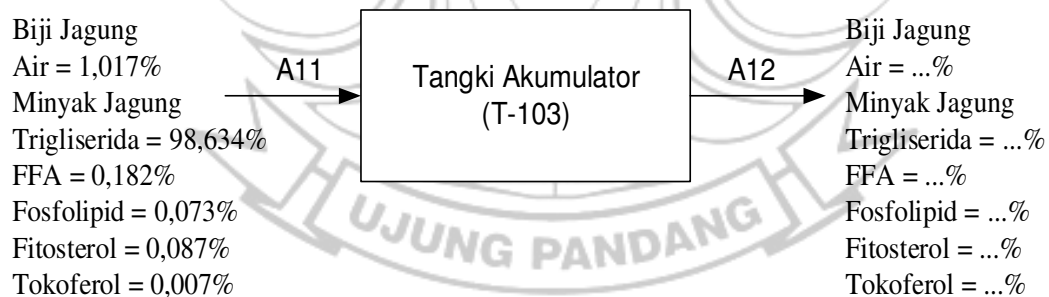
Tabel A.7 Neraca Massa *Leaf Filter Press*

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A9 (Masuk)			A10 (Keluar)		
Air	12,159	7	Air	69,202	6,510
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	82,682	47,600	Trigliserida	1,012	0,095
FFA	2,171	1,250	FFA	12,358	1,163
Fosfolipid	0,869	0,500	Fosfolipid	4,943	0,465
Fitosterol	1,042	0,600	Fitosterol	5,932	0,558
Tokoferol	0,087	0,050	Tokoferol	0,494	0,0465
Bleaching Earth	0,990	0,570	Bleaching Earth	6,059	0,570

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
			Total	100	9,407
			A11 (Keluar)		
			Air	1,017	0,490
			Minyak Jagung		
			Trigliserida	98,634	47,505
			FFA	0,182	0,087
			Fosfolipid	0,073	0,035
			Fitosterol	0,087	0,042
			Tokoferol	0,007	0,0035
			Total	100	48,163
Total		57,570	Total		57,570

A.6 Tangki Akumulator (T-103)

Tangki akumulator digunakan sebagai tempat penampungan minyak sementara setelah melalui proses pemisahan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.6.



Gambar A.6 Neraca Massa Tangki Akumulator (T-103)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$$A_{11} = A_{12}$$

$$57,570 \text{ Kg/Jam} = A_{12}$$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A12

- Air

$$A_{\text{Air}}^{11} = A_{\text{Air}}^{12}$$

$$0,490 \text{ Kg/Jam} = 0,490 \text{ Kg/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{\text{Tri}}^{11} = A_{\text{Tri}}^{12}$$

$$47,505 \text{ Kg/Jam} = 47,505 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^{11} = A_{\text{FFA}}^{12}$$

$$0,087 \text{ Kg/Jam} = 0,087 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^{11} = A_{\text{Fo}}^{12}$$

$$0,035 \text{ Kg/Jam} = 0,035 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^{11} = A_{\text{Fi}}^{12}$$

$$0,600 \text{ Kg/Jam} - 0,558 \text{ Kg/Jam} = 0,042 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_{\text{T}}^{11} = A_{\text{T}}^{12}$$

$$0,0035 \text{ Kg/Jam} = 0,0035 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A12

$$A_{\text{Air}}^{12} + A_{\text{Tri}}^{12} + A_{\text{FFA}}^{12} + A_{\text{Fo}}^{12} + A_{\text{Fi}}^{12} + A_{\text{T}}^{12} + A_{\text{Be}}^{12} = A_{12}$$

$$(0,490 + 47,505 + 1,087 + 0,035 + 0,042 + 0,0035) \text{ Kg/Jam} = 48,163 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_{11} = A_{12}$$

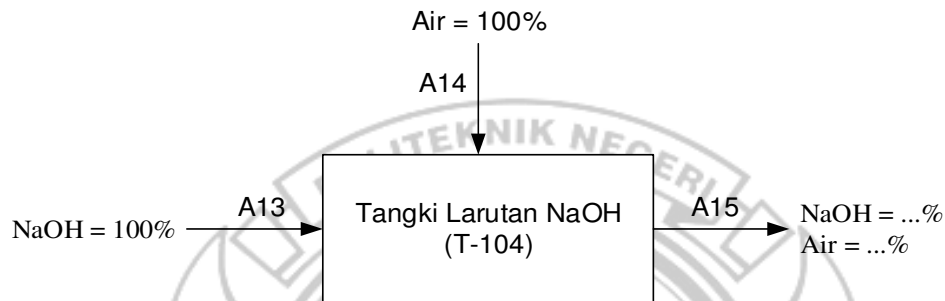
$$48,163 \text{ Kg/Jam} = 48,163 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.8 Tangki Akumulator

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A11 (Masuk)			A12 (Keluar)		
Air	1,017	0,49	Air	1,017	0,49
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	98,634	47,5048	Trigliserida	98,634	47,505
FFA	0,182	0,0875	FFA	0,182	0,087
Fosfolipid	0,073	0,035	Fosfolipid	0,073	0,035
Fitosterol	0,087	0,042	Fitosterol	0,087	0,042
Tokoferol	0,007	0,0035	Tokoferol	0,007	0,004
Total		48,163	Total		48,163

A.7 Tangki Larutan NaOH (T-104)

Tangki larutan NaOH digunakan untuk melarutkan NaOH padatan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.7.



Gambar A.7 Neraca Massa Tangki Larutan NaOH (T-104)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$$A_{13} + A_{14} = A_{15}$$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A13

Menurut Hodgum (1995) untuk memurnikan minyak jagung konsentrasi NaOH yang dibutuhkan berdasarkan derajat Baume' 22° Be sebesar 16,1% dari banyaknya FFA.

$$A_{FFA}^{11} \times 16,1\% = A_{NaOH}^{13}$$

$$0,0875 \text{ Kg/Jam} \times 16,1\% = 0,0145 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A14

$$A_{FFA}^{11} - A_{NaOH}^{13} = A_{Air}^{14}$$

$$0,0875 \text{ Kg/Jam} - 0,0145 \text{ Kg/Jam} = 0,0730 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A15

- Larutan NaOH

$$A_{NaOH}^{13} = A_{NaOH}^{15}$$

$$0,0145 \text{ Kg/Jam} = 0,0145 \text{ Kg/Jam}$$

- Air

$$A_{Air}^{14} = A_{Air}^{15}$$

$$0,0730 \text{ Kg/Jam} = 0,0730 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A13

$$A_{NaOH}^{13} = A_{13}$$

$$0,0145 \text{ Kg/Jam} = 0,0145 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A14

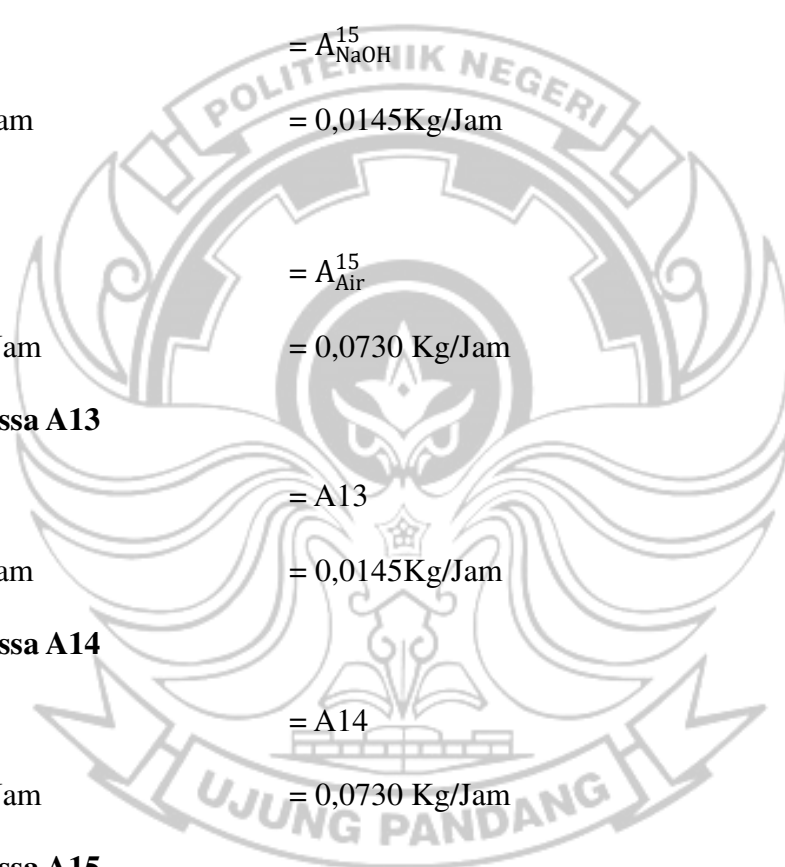
$$A_{Air}^{14} = A_{14}$$

$$0,0730 \text{ Kg/Jam} = 0,0730 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A15

$$A_{NaOH}^{13} + A_{Air}^{14} = A_{15}$$

$$0,0145 \text{ Kg/Jam} + 0,0730 \text{ Kg/Jam} = 0,0875 \text{ Kg/Jam}$$



Neraca Massa Total

$$A13 + A14 = A15$$

$$(0,0145 + 0,0730) \text{ Kg/Jam} = 0,0875 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.9 Neraca Massa Tangki Larutan NaOH

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
	A13 (Masuk)			A15 (Keluar)	
NaOH	100	0,015	NaOH	16,600	0,015
	A14 (Masuk)		Air	83,400	0,073
Air	100	0,073			
Total		0,087	Total		0,087

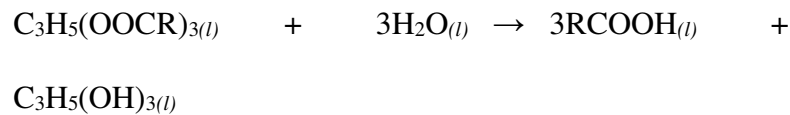


A.8 Reaktor Netralisasi (R-101)

Reaktor Netralisasi berfungsi untuk menetralkan pH minyak. FFA (free fatty acid) bereaksi dengan NaOH dan menghasilkan sabun. Terdapat 2 reaksi yang terjadi dalam reaktor ini, yakni reaksi hidrolisis dan reaksi netralisasi.

- Reaksi Hidrolisis

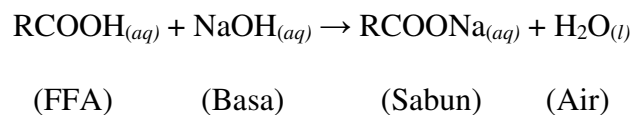
Reaksi hidrolisis yang terjadi dalam reaktor merupakan reaksi trigliserida dengan air membentuk gliserol dan FFA (free fatty acid). Adapun reaksi hidrolisis dapat dilihat pada Gambar A.8 berikut.



Adapun koefisien persamaan reaksi:

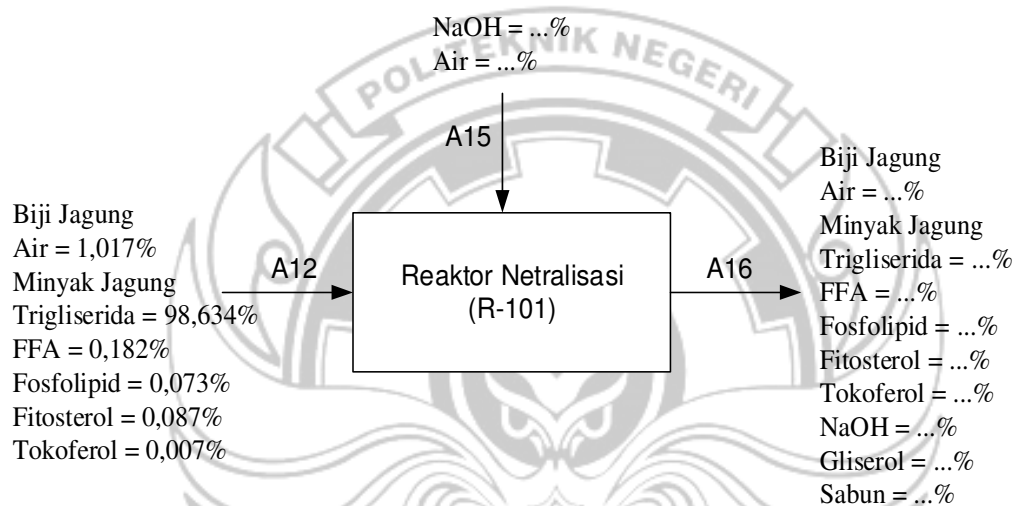
- Trigliserida ($\sigma_{\text{Trigliserida}}$) = -1
- Air (σ_{Air}) = -3
- FFA (σ_{FFA}) = 3
- Gliserol (σ_{Gliserol}) = 1
- Reaksi Netralisasi

Reaksi netralisasi yang terjadi dalam reaktor merupakan senyawa FFA bereaksi dengan larutan NaOH dan membentuk sabun. Adapun reaksi netralisasi dapat dilihat pada Gambar A.9 berikut.



Adapun koefisien persamaan reaksi:

- FFA (σ_{FFA}) = -1
- NaOH (σ_{NaOH}) = -1
- Sabun (σ_{sabun}) = 1
- Air (σ_{Air}) = 1



Gambar A.8 Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-101)

Komposisi asam-asam lemak penyusun FFA pada minyak jagung ditunjukkan pada Tabel A.10.

Tabel A.10 Komposisi asam-asam lemak penyusun FFA (free fatty acid)

Komponen	Rumus	%Fraksi Berat	BM (Kg/Kmol)	BM (Kg/Kmol)
Asam Lemak Jenuh				
Asam Palmitat (C16:0)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	13	256	33.28
Asam Stearat (C18:0)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2.5	284	7.1
Asam Laurat (C12:0)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.1	200.32	0.20032
Asam Miristat (C14:0)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.2	228	0.456
Asam Arakidat (C20:0)	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0.5	312.53	1.56265

Komponen	Rumus	%Fraksi Berat	BM (Kg/Kmol)	BM (Kg/Kmol)
Asam Lemak Tak Jenuh				
Asam Oleat (C18:1)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	30.5	282	86.01
Asam Linoleat (C18:2)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	52	280	145.6
Asam Linolenat (C18:3)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	1	280.45	2.8045
Asam Cis-11Eikosinat (C20:1)	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0.2	302.45	0.6049
Total			2425.750	277.618

Sumber : Irfansyah, 2020.

- BM FFA (RCOOH)

$$= 277,618 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Trigliserida (C₃H₅(RCOO)₃)

$$= ((3 \times \text{Ar C}) + (5 \times \text{Ar H}) + (3 \times \text{RCOO}))$$

$$= ((3 \times 12) + (5 \times 1) + (3 \times (276,618)))$$

$$= 870,855 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM NaOH

$$= ((1 \times \text{Ar Na}) + (1 \times \text{Ar O}) + (1 \times \text{Ar H}))$$

$$= ((1 \times 23) + (1 \times 16) + (1 \times 1))$$

$$= 40 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Air (H₂O)

$$= ((2 \times \text{Ar H}) + (1 \times \text{Ar O}))$$

$$= ((2 \times 1) + (1 \times 16))$$

$$= 18 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Sabun (RCOONa)

$$= ((1 \times \text{Ar RCOO}) + (1 \times \text{Ar Na}))$$

$$= ((276,618) + (1 \times 23))$$

$$= 299,168 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Gliserol (C₃H₅(OH)₃)

$$= ((3 \times \text{Ar C}) + (8 \times \text{Ar H}) + (1 \times \text{Ar O}))$$

$$= ((3 \times 12) + (8 \times 1) + (1 \times 16))$$

$$= 92 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Fosfolipid (C₄₀H₈₀NO₈P)

$$= ((40 \times \text{Ar C}) + (80 \times \text{Ar H}) + (1 \times \text{Ar N})$$

$$+ (8 \times \text{Ar O}) + (1 \times \text{Ar P}))$$

$$= ((40 \times 12) + (80 \times 1) + (1 \times 14) + (8 \times 16)$$

$$+ (1 \times 31))$$

$$= 733 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Fitosterol (C₂₉H₅₀O)

$$= ((29 \times \text{Ar C}) + (50 \times \text{Ar H}) + (1 \times \text{Ar O}))$$

$$= ((29 \times 12) + (50 \times 1) + (1 \times 16))$$

$$= 414 \text{ Kg/Kmol}$$

- BM Tokoferol (C₂₉H₅₀O₂)

$$= ((29 \times \text{Ar C}) + (50 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O}))$$

$$= ((29 \times 12) + (50 \times 1) + (2 \times 16))$$

$$= 430 \text{ Kg/Kmol}$$

Persamaan neraca mol total dan neraca mol suatu komponen (Syaubari dan Mahidin, 2009) :

Persamaan Neraca Mol Total

$$N_n^{\text{out}} = N_n^{\text{in}}$$

Persamaan Neraca Mol Suatu Komponen

$$N_n^{\text{out}} = N_n^{\text{in}} + (\sigma_n \times r_n)$$

Keterangan :

N_n^{in} = Laju molar reaktan keluar (Kmol/Jam)

N_n^{out} = Laju molar reaktan keluar (Kmol/Jam)

σ_n = Koefisien reaktan

r_n = Laju produksi molar (Kmol/Jam)

Persamaan Neraca Massa

Konversi satuan:

- Air

$$A_{\text{Air}}^{15} = 0,073 \text{ Kg/Jam}$$

$$A_{\text{Air}}^{12} = 0,490 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_{\text{Air}}^{12+15} = \frac{A_{\text{Air}}^{12} + A_{\text{Air}}^{15}}{\text{BM Air}}$$

$$= \frac{(0,490 + 0,073) \text{ Kg/Jam}}{18 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 0,031 \text{ Kmolel/Jam}$$

- NaOH

$$A_{\text{NaOH}}^{15} = 0,015 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_{\text{NaOH}}^{15} = \frac{A_{\text{NaOH}}^{15}}{\text{BM NaOH}}$$

$$= \frac{0,015 \text{ Kg/Jam}}{40 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 3,63 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{\text{Tri}}^{12} = 47,505 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_{\text{Tri}}^{12} = \frac{A_{\text{Tri}}^{12}}{\text{BM Trigliserida}}$$

$$= \frac{47,505 \text{ Kg/Jam}}{870,855 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 0,054 \text{ Kmol/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^{12} = 0,087 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_{\text{FFA}}^{12} = \frac{A_{\text{FFA}}^{12}}{\text{BM FFA}}$$

$$= \frac{0,087 \text{ Kg/Jam}}{277,618 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 3,15 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^{12} = 0,035 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_{\text{Fo}}^{12} = \frac{A_{\text{Fo}}^{12}}{\text{BM Fosfolipid}}$$

$$= \frac{0,035 \text{ Kg/Jam}}{733 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 4,77 \times 10^{-5} \text{ Kmol/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{Fi}^{12} = 0,042 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_{Fi}^{12} = \frac{A_{Fi}^{12}}{\text{BM Fitosterol}}$$

$$= \frac{0,042 \text{ Kg/Jam}}{414 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,01 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_T^{12} = 0,004 \text{ Kg/Jam}$$

$$N_T^{12} = \frac{A_T^{12}}{\text{BM Tokoferol}}$$

$$= \frac{0,004 \text{ Kg/Jam}}{430 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 8,14 \times 10^{-6} \text{ Kmol/Jam}$$

Menurut Reklaitis (1983) laju pembentukan produk sebagaimana rumus berikut:

$$r = \frac{N_s^{\text{in}} \times X_s}{\sigma_s}$$

Keterangan:

r = Laju produksi molar (Kmol/Jam)

N_s^{in} = Laju molar reaktan masuk (Kmol/Jam)

X_s = Konversi reaksi

σ_s = Koefisien reaktan

Laju Produksi Molar Reaksi 1 (r_1)

Penambahan air menyebabkan reaksi hidrolisis dimana sebesar 0,65% trigliserida dikonversi menjadi FFA. Adapun rumus laju produksi molar reaksi 1 (r_1) yakni sebagai berikut:

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{N_{Tri}^{12} \times X}{-\sigma_{Trigliserida}} \\ &= \frac{(0,054 \text{ Kmol/Jam}) \times 0,65\%}{-(-1)} \\ &= 3,54 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam} \end{aligned}$$

Laju Produksi Molar Reaksi 2 (r_2)

Konversi reaksi netralisasi NaOH yang akan menjadi sabun yakni sebesar 94% (Widarta, 2008). Adapun rumus laju produksi molar reaksi 2 (r_2) yakni sebagai berikut:

$$\begin{aligned} r_2 &= \frac{N_{FFA}^{12} \times X}{-\sigma_{FFA}} \\ &= \frac{(0,000315 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}) \times 94\%}{-(-1)} \\ &= 3,13 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Neraca Mol dan Massa A16

- Air

$$\begin{aligned} N_{Air}^{16} &= N_{Air}^{12+15} + (\sigma_{Air,1} \times r_1) + (\sigma_{Air,2} \times r_2) \\ &= N_{Air}^{12+15} + ((-3) \times r_1) + (1 \times r_2) \\ &= (0,031 + (-3 \times 3,54 \times 10^{-4}) + (1 \times 3,13 \times 10^{-4})) \text{ Kmol/Jam} \end{aligned}$$

$$= 0,030 \text{ Kmol/Jam}$$

A_{Air}^{16}

$$= N_{\text{Air}}^{16} \times \text{BM Air}$$

$$= 0,030 \text{ Kmol/Jam} \times 18 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 0,549 \text{ Kg/Jam}$$

• Triglycerida

N_{Tri}^{16}

$$= N_{\text{Tri}}^{12} + (\sigma_{\text{Triglycerida, 1}} \times r_1) + (\sigma_{\text{Triglycerida, 2}} \times r_2)$$

$$= N_{\text{Tri}}^{12} + ((-1) \times r_1) + (0 \times r_2)$$

N_{Tri}^{16}

$$= N_{\text{Tri}}^{12} - r_1$$

$$= (0,054 - 3,54 \times 10^{-4}) \text{ Kmol/Jam}$$

$$= 0,0541 \text{ Kmol/Jam}$$

A_{Tri}^{16}

$$= N_{\text{Tri}}^{16} \times \text{BM Triglycerida}$$

$$= 0,0541 \text{ Kmol/Jam} \times 870,855 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 47,196 \text{ Kg/Jam}$$

• FFA

N_{FFA}^{16}

$$= N_{\text{FFA}}^{12} + (\sigma_{\text{FFA, 1}} \times r_1) + (\sigma_{\text{FFA, 2}} \times r_2)$$

$$= N_{\text{FFA}}^{12} + (3 \times r_1) + ((-1) \times r_2)$$

$$= N_{\text{FFA}}^{12} + (3 \times r_1) - r_2$$

$$= (3,15 \times 10^{-4} + (3 \times 3,54 \times 10^{-4}) - 3,13 \times 10^{-4}) \text{ Kmol/Jam}$$

$$= 1,06 \times 10^{-3} \text{ Kmol/Jam}$$

A_{FFA}^{16}

$$= N_{\text{FFA}}^{16} \times \text{BM FFA}$$

$$= 1,06 \times 10^{-3} \text{ Kmol/Jam} \times 277,618 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 0,296 \text{ Kg/Jam}$$

- NaOH

$$\begin{aligned} N_{\text{NaOH}}^{16} &= N_{\text{NaOH}}^{15} + (\sigma_{\text{NaOH}, 1} \times r_1) + (\sigma_{\text{NaOH}, 2} \times r_2) \\ &= N_{\text{NaOH}}^{15} + (0 \times r_1) + ((-1) \times r_2) \\ &= N_{\text{NaOH}}^{15} - r_2 \\ &= (3,63 \times 10^{-4} - 3,13 \times 10^{-4}) \text{ Kmol/Jam} \\ &= 4,952 \times 10^{-5} \text{ Kmol/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{NaOH}}^{16} &= N_{\text{NaOH}}^{16} \times \text{BM NaOH} \\ &= 4,952 \times 10^{-5} \text{ Kmol/Jam} \times 40 \text{ Kg/Kmol} \\ &= 0,002 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

- Gliserol

$$\begin{aligned} N_G^{16} &= N_G^{12+15} + (\sigma_{\text{Gliserol}, 1} \times r_1) + (\sigma_{\text{Gliserol}, 2} \times r_2) \\ &= 0 + (1 \times r_1) + (0 \times r_2) = r_1 \\ &= 3,54 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_G^{16} &= N_G^{16} \times \text{BM Gliserol} \\ &= 3,54 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam} \times 92 \text{ Kg/Kmol} \\ &= 0,033 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

- Sabun

$$\begin{aligned} N_S^{16} &= N_S^{12+15} + (\sigma_{\text{Sabun}, 1} \times r_1) + (\sigma_{\text{Sabun}, 2} \times r_2) \\ &= 0 + (0 \times r_1) + (1 \times r_2) \\ &= r_2 \end{aligned}$$

$$= 3,13 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam}$$

A_S^{16}

$$= N_S^{16} \times \text{BM Gliserol}$$

$$= 3,13 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam} \times 92 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 0,094 \text{ Kg/Jam}$$

• Fosfolipid

N_{F0}^{16}

$$= N_{F0}^{12} + (\sigma_{\text{Fosfolipid, 1}} \times r_1) + (\sigma_{\text{Fosfolipid, 2}} \times r_2)$$

$$= N_{F0}^{12} + (0 \times r_1) + (0 \times r_2)$$

$$= N_{F0}^{12}$$

$$= 4,77 \times 10^{-5} \text{ Kmol/Jam}$$

A_{F0}^{16}

$$= N_{F0}^{12} \times \text{BM Fosfolipid}$$

$$= 4,77 \times 10^{-5} \text{ Kmol/Jam} \times 733 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 0,035 \text{ Kg/Jam}$$

• Fitosterol

N_{Fi}^{16}

$$= N_{Fi}^{12} + (\sigma_{\text{Fitosterol, 1}} \times r_1) + (\sigma_{\text{Fitosterol, 2}} \times r_2)$$

$$= N_{Fi}^{12} + (0 \times r_1) + (0 \times r_2)$$

$$= N_{Fi}^{12}$$

$$= 1,01 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam}$$

A_{Fi}^{16}

$$= N_{Fi}^{12} \times \text{BM Fosfolipid}$$

$$= 1,01 \times 10^{-4} \text{ Kmol/Jam} \times 414 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 0,042 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned}
 N_T^{16} &= N_T^{12} + (\sigma_{\text{Tokoferol, 1}} \times r_1) + (\sigma_{\text{Tokoferol, 2}} \times r_2) \\
 &= N_T^{12} + (0 \times r_1) + (0 \times r_2) \\
 &= N_T^{12}
 \end{aligned}$$

$$= 8,14 \times 10^{-6} \text{ Kmol/Jam}$$

$$\begin{aligned}
 A_T^{16} &= N_T^{12} \times \text{BM Fosfolipid} \\
 &= 8,14 \times 10^{-6} \text{ Kmol/Jam} \times 430 \text{ Kg/Kmol} \\
 &= 0,004 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa A16

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Air}}^{16} + A_{\text{Tri}}^{16} + A_{\text{FFA}}^{16} + A_{\text{NaOH}}^{16} + A_G^{16} + A_S^{16} + A_{\text{Fo}}^{16} + A_{\text{Fi}}^{16} + A_T^{16} &= A16 \\
 (0,549 + 47,196 + 0,296 + 0,002 + 0,033 + 0,094 + 0,035 + 0,042 + 0,004) \text{ Kg/Jam} \\
 &= 48,250 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Total

$$\begin{aligned}
 A12 + A15 &= A16 \\
 (48,163 + 0,087) \text{ Kg/Jam} &= 48,250 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

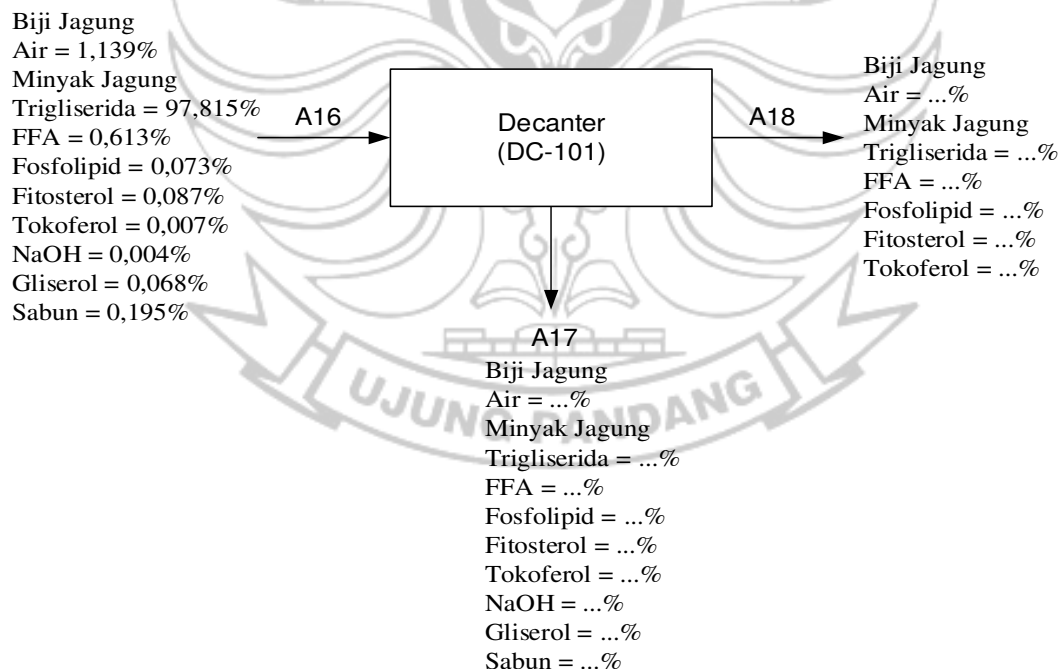
Tabel A.11 Neraca Massa Reaktor Netralisasi

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A12 (Masuk)			A16 (Keluar)		
Air	1,017	0,49	Air	1,139	0,549
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	98,634	47,505	Trigliserida	97,815	47,196
FFA	0,182	0,087	FFA	0,613	0,296
Fosfolipid	0,073	0,035	Fosfolipid	0,073	0,035
Fitosterol	0,087	0,042	Fitosterol	0,087	0,042

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
Tokoferol	0,007	0,004	Tokoferol	0,007	0,004
Total		48,163	NaOH	0,004	0,002
A15 (Masuk)			Gliserol	0,068	0,033
NaOH	16,600	0,015	Sabun	0,195	0,094
Air	83,400	0,073			
Total		0,087			
Total		48,250	Total		48,250

A.9 Decanter (DC-101)

Dekanter merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan fase liquid-liquid dengan perbedaan kelarutan dan densitas (Saputro et.al. 2021) Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.9.



Gambar A.9 Neraca Massa Decanter (DC-101)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$$A_{16} = A_{17} + A_{18}$$

$$48,250 \text{ Kg/Jam} = A_{17} + A_{18}$$

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A17

Menurut Centrisys-CNP salah satu produsen industri *decanter*, alat *decanter* memiliki efisiensi sebesar 95%, sedangkan trigliserida yang hilang sebesar 0,1%.

- Air

$$A_{\text{Air}}^{16} \times 95\% = A_{\text{Air}}^{17}$$

$$0,549 \text{ Kg/Jam} \times 95\% = 0,522 \text{ Kg/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{\text{Tri}}^{16} \times 0,1\% = A_{\text{Tri}}^{17}$$

$$47,196 \text{ Kg/Jam} \times 0,1\% = 0,047 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^{16} \times 95\% = A_{\text{FFA}}^{17}$$

$$0,296 \text{ Kg/Jam} \times 95\% = 0,281 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^{16} \times 95\% = A_{\text{Fo}}^{17}$$

$$0,035 \text{ Kg/Jam} \times 95\% = 0,033 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{Fi}^{16} \times 95\% = A_{Fi}^{17}$$

$$0,042 \text{ Kg/Jam} \times 95\% = 0,033 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_T^{16} \times 95\% = A_T^{17}$$

$$0,004 \text{ Kg/Jam} \times 95\% = 0,003 \text{ Kg/Jam}$$

- NaOH

$$A_N^{16} = A_N^{17}$$

$$0,002 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Gliserol

$$A_G^{16} = A_G^{17}$$

$$0,33 \text{ Kg/Jam} = 0,033 \text{ Kg/Jam}$$

- Sabun

$$A_S^{16} = A_S^{17}$$

$$0,094 \text{ Kg/Jam} = 0,094 \text{ Kg/Jam}$$

Perhitungan Neraca Massa pada A18

- Air

$$A_{Air}^{16} - A_{Air}^{17} = A_{Air}^{18}$$

$$0,549 \text{ Kg/Jam} - 0,522 \text{ Kg/Jam} = 0,027 \text{ Kg/Jam}$$

- Triglicerida

$$A_{\text{Tri}}^{16} - A_{\text{Tri}}^{17} = A_{\text{Tri}}^{18}$$

$$47,196 \text{ Kg/Jam} - 0,047 \text{ Kg/Jam} = 47,149 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^{16} - A_{\text{FFA}}^{17} = A_{\text{FFA}}^{18}$$

$$0,296 \text{ Kg/Jam} - 0,281 \text{ Kg/Jam} = 0,015 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^{16} - A_{\text{Fo}}^{17} = A_{\text{Fo}}^{18}$$

$$0,035 \text{ Kg/Jam} - 0,033 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^{16} - A_{\text{Fi}}^{17} = A_{\text{Fi}}^{18}$$

$$0,042 \text{ Kg/Jam} - 0,040 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_{\text{T}}^{16} - A_{\text{T}}^{17} = A_{\text{T}}^{18}$$

$$0,004 \text{ Kg/Jam} - 0,003 \text{ Kg/Jam} = 0,001 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A17

$$A_{\text{Air}}^{17} + A_{\text{Tri}}^{17} + A_{\text{FFA}}^{17} + A_{\text{Fo}}^{17} + A_{\text{Fi}}^{17} + A_{\text{T}}^{17} + A_{\text{NaOH}}^{17} + A_{\text{G}}^{17} + A_{\text{S}}^{17} = A_{17}$$

$$(0,522 + 0,047 + 0,281 + 0,033 + 0,040 + 0,003 + 0,002 + 0,033 + 0,094) \text{ Kg/Jam}$$

$$= 1,055 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A18

$$A_{\text{Air}}^{18} + A_{\text{Tri}}^{18} + A_{\text{FFA}}^{18} + A_{\text{Fo}}^{18} + A_{\text{Fi}}^{18} + A_{\text{T}}^{18} = A_{18}$$

$$(0,027 + 47,149 + 0,015 + 0,002 + 0,002 + 0,0001) \text{ Kg/Jam} = 47,195 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A16 = A17 + A18$$

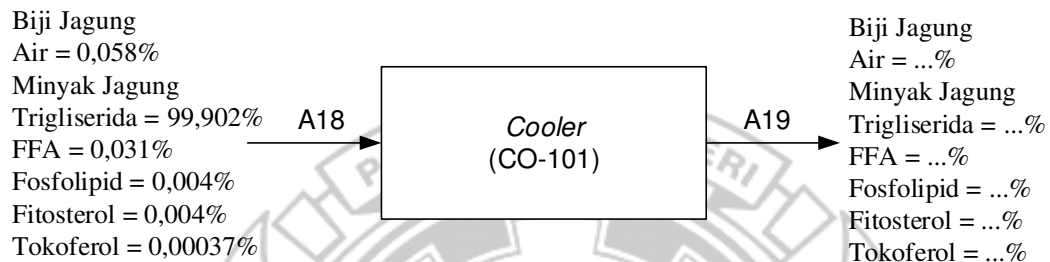
$$48,250 \text{ Kg/Jam} = 1,055 \text{ Kg/Jam} + 47,195 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.12 Neraca Massa Decanter

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A16 (Masuk)			A17 (Keluar)		
Air	1,139	0,549	Air	49,470	0,522
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	97,815	47,196	Trigliserida	4,473	0,047
FFA	0,613	0,296	FFA	26,626	0,281
Fosfolipid	0,073	0,035	Fosfolipid	3,151	0,033
Fitosterol	0,087	0,042	Fitosterol	3,781	0,040
Tokoferol	0,007	0,004	Tokoferol	0,315	0,003
NaOH	0,004	0,002	NaOH	0,188	0,002
Gliserol	0,068	0,033	Gliserol	3,091	0,033
Sabun	0,195	0,094	Sabun	8,905	0,094
			Total		1,055
			A18 (Keluar)		
			Air	0,058	0,027
			Minyak Jagung		
			Trigliserida	99,902	47,149
			FFA	0,031	0,015
			Fosfolipid	0,004	0,002
			Fitosterol	0,004	0,002
			Tokoferol	0,000	0,000
			Total		47,195
Total		48,250	Total		48,250

A.10 Cooler (CO-101)

Cooler merupakan alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu minyak jagung sebelum disimpan ke dalam tangki penampungan akhir. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.10.



Gambar A. 10 Neraca Massa Cooler (CO-101)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

A_{18} = A_{19}

47,195 Kg/Jam = A_{19}

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A19

- Air

$$A_{Air}^{18} = A_{Air}^{19}$$

$$0,027 \text{ Kg/Jam} = 0,027 \text{ Kg/Jam}$$

- Trigliserida

$$A_{Tri}^{18} = A_{Tri}^{19}$$

$$47,149 \text{ Kg/Jam} = 47,149 \text{ Kg/Jam}$$

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^{18} = A_{\text{FFA}}^{19}$$

$$0,015 \text{ Kg/Jam} = 0,015 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^{18} = A_{\text{Fo}}^{19}$$

$$0,002 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^{18} = A_{\text{Fi}}^{19}$$

$$0,002 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_{\text{T}}^{18} = A_{\text{T}}^{19}$$

$$0,0001 \text{ Kg/Jam} = 0,0001 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A19

$$A_{\text{Air}}^{19} + A_{\text{Tri}}^{19} + A_{\text{FFA}}^{19} + A_{\text{Fo}}^{19} + A_{\text{Fi}}^{19} + A_{\text{T}}^{19} = A_{12}$$

$$(0,027 + 47,149 + 0,015 + 0,002 + 0,002 + 0,0001) \text{ Kg/Jam} = 47,195 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_{18} = A_{19}$$

$$47,195 \text{ Kg/Jam} = 47,195 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.13 Neraca Massa *Cooler*

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A18 (Masuk)			A19 (Keluar)		
Air	0,058	0,027	Air	0,058	0,027
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	99,902	47,149	Trigliserida	99,902	47,149
FFA	0,031	0,015	FFA	0,031	0,015
Fosfolipid	0,004	0,002	Fosfolipid	0,004	0,002
Fitosterol	0,004	0,002	Fitosterol	0,004	0,002
Tokoferol	0,00037	0,0002	Tokoferol	0,00037	0,0002
Total		47,195	Total		47,195



A.11 Tangki Penampungan Minyak (T-105)

Tangki penampungan minyak berfungsi sebagai tempat penyimpanan akhir minyak jagung sebelum didistribusikan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar A.11.



Gambar A.11 Neraca Massa Tangki Penyimpanan Minyak (T-105)

Persamaan Neraca Massa

Neraca Massa Total

Laju massa masuk = Laju massa keluar

$A_{19} = A_{20}$

47,195 Kg/Jam = 47,195 Kg/Jam

Neraca Massa Komponen

Perhitungan Neraca Massa pada A20

- Air

$A_{Air}^{19} = A_{Air}^{20}$

0,027 Kg/Jam = 0,027 Kg/Jam

- Trigliserida

$A_{Tri}^{19} = A_{Tri}^{20}$

47,149 Kg/Jam = 47,149 Kg/Jam

- FFA

$$A_{\text{FFA}}^{19} = A_{\text{FFA}}^{20}$$

$$0,015 \text{ Kg/Jam} = 0,015 \text{ Kg/Jam}$$

- Fosfolipid

$$A_{\text{Fo}}^{19} = A_{\text{Fo}}^{20}$$

$$0,002 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Fitosterol

$$A_{\text{Fi}}^{19} = A_{\text{Fi}}^{20}$$

$$0,002 \text{ Kg/Jam} = 0,002 \text{ Kg/Jam}$$

- Tokoferol

$$A_{\text{T}}^{19} = A_{\text{T}}^{20}$$

$$0,0001 \text{ Kg/Jam} = 0,0001 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa A20

$$A_{\text{Air}}^{20} + A_{\text{Tri}}^{20} + A_{\text{FFA}}^{20} + A_{\text{Fo}}^{20} + A_{\text{Fi}}^{20} + A_{\text{T}}^{20} = A_{20}$$

$$(0,027 + 47,149 + 0,015 + 0,002 + 0,002 + 0,0001) \text{ Kg/Jam} = 47,195 \text{ Kg/Jam}$$

Neraca Massa Total

$$A_{19} = A_{20}$$

$$47,195 \text{ Kg/Jam} = 47,195 \text{ Kg/Jam}$$

Tabel A.14 Neraca Massa Tangki Penyimpanan Minyak

Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Fraksi (%)	Massa (Kg/Jam)
A19 (Masuk)			A20 (Akhir)		
Air	0,058	0,027	Air	0,058	0,027
Minyak Jagung			Minyak Jagung		
Trigliserida	99,902	47,149	Trigliserida	99,902	47,149
FFA	0,031	0,015	FFA	0,031	0,015
Fosfolipid	0,004	0,002	Fosfolipid	0,004	0,002
Fitosterol	0,004	0,002	Fitosterol	0,004	0,002
Tokoferol	0,0004	0,0002	Tokoferol	0,0004	0,0002
Total		47,195	Total		47,195



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA ENERGI

Perhitungan neraca energi pada pabrik minyak jagung dari biji jagung dilakukan atas dasar:

Kapasitas : 3.000 Ton/Tahun

Satuan energi : kJ/Jam

Suhu referensi : 298,15 K (25°C)

Tekanan : 1 Atm

Proses : *Steady State*

B.1 Data-Data Yang Dibutuhkan Dalam Proses Perhitungan Neraca Energi

- Data Kapasitas Panas (C_p)

Rumus Laju Alir Energi (Q) berdasarkan (Perry, 1997) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Keterangan:

Q = Laju alir energi (kJ/Jam)

m = Laju alir massa zat (Kg/Jam)

C_p = Kapaitas panas (kJ/Kmol°C)

ΔT = Perubahan temperatur (°C atau K)

Penentuan $C_p \cdot \Delta T$

$$C_p \cdot \Delta T = \int_{T_0}^T C_p dT$$

$$= \int_{T_0}^T (A + B \cdot T^2 + C \cdot T^3 + D \cdot T^4) dt$$

$$= A (T - T_0) + \frac{B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{C}{3} (T^3 - T_0^3) + \frac{D}{4} (T^4 - T_0^4)$$

Tabel B. 1 Data Cp Zat Cair Untuk Ikatan (kJ/Kmol°C) Dengan Metode Chueh & Swanson's:

Ikatan	Cp (kJ/Kmol°C)
—CH ₃	36,84
—CH ₂ —	30,4
—CH—	20,93
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—} \end{array}$	60,71
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{=C—} \end{array}$	21,35
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—OH} \end{array}$	79,97
—OH	44,8

Tabel B. 2 Berat Molekul (BM) Komponen Berdasarkan Hasil Perhitungan

Komponen	BM (Kg/Kmol)	BM (Kg/mol)
Trigliserida	1032.959	1.0323
NaOH	40	0.04
Sabun	353.653	0.353
Air	18	0.018
Gliserol	92	0.092
Fosfolipid	733	0.733
Fitosterol	414	0.414
Tokoferol	430	0.43
FFA	277.618	0.2776

Tabel B. 3 Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung

Asam Lemak Jenuh	%
Asam Palmitat (C16:0)	13
Asam Stearat (C18:0)	2,5
Asam Laurat (C12:0)	0,1
Asam Miristat (C14:0)	0,2
Asam Arakidat (C20:0)	0,5
Asam Lemak Tak Jenuh	%
Asam Oleat (C18:1)	30,5
Asam Linoleat (C18:2)	52
Asam Linolenat (C18:3)	1
Asam Cis-11 Eikosenoat (C20:1)	0,2

Sumber: Frank (1992)

Tabel B. 4 Massa Atom Relatif (g/mol) Setiap Unsur

Unsur	Massa Atom Relatif (g/mol)
C	12
H	1
O	16
P	31
Ca	40

Tabel B. 5 Hasil perhitungan Cp Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung

Asam Lemak	Rumus	% Fraksi Berat	BM (Kg/Kmol)	Cp (kJ/Kmol°C)
Asam Palmitat (C16:0)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	13	256	2.118
Asam Stearat (C18:0)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2.5	284	2.123
Asam Laurat (C12:0)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.1	200.32	2.100
Asam Miristat (C14:0)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.2	228	2.112
Asam Arakidat (C20:0)	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0.5	312.53	2.124
Asam Oleat (C18:1)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	30.5	282	1.999
Asam Linoleat (C18:2)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	52	280	1.872
Asam Linolenat (C18:3)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	1	280.45	1.728
Asam Cis-11 Eikosenoat (C20:1)	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0.2	302.45	2.065

Menghitung Cp Asam Lemak

- Cp Asam Palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$) = 1 (CH₃) + 14 (CH₂) + 1 (COOH)
= 36,84 + 425,6 + 79,97
= 542,41 kJ/Kmol°C
= $\frac{542,41 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{256 \text{ Kg/Kmol}}$
- Cp Asam Stearat ($C_{18}H_{36}O_2$) = 1 (CH₃) + 16 (CH₂) + 1 (COOH)
= 36,84 + 486,4 + 79,97
= 603,21 kJ/Kmol°C
= $\frac{603,21 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{284 \text{ Kg/Kmol}}$
= 2,123 kJ/Kg°C
- Cp Asam Laurat ($C_{12}H_{24}O_2$) = 1 (CH₃) + 10 (CH₂) + 1 (COOH)
= 36,84 + 304 + 79,97
= 420,81 kJ/Kmol°C
= $\frac{420,81 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{200,32 \text{ Kg/Kmol}}$
= 2,100 kJ/Kg°C
- Cp Asam Miristat ($C_{14}H_{28}O_2$) = 1 (CH₃) + 12 (CH₂) + 1 (COOH)
= 36,84 + 364,8 + 79,97
= 481,61 kJ/Kmol°C
= $\frac{481,61 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{228 \text{ Kg/Kmol}}$
= 2,112 kJ/Kg°C
= 2,118 kJ/Kg°C
- Cp Asam Arakidat ($C_{20}H_{40}O_2$) = 1 (CH₃) + 18 (CH₂) + 1 (COOH)

$$= 36,84 + 547,2 + 79,97$$

$$= 664,01 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{664,01 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{312,53 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 2,124 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Asam Oleat ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$) = 1 (CH_3) + 14 (CH_2) + 1 ($\text{C}=\text{C}$) + 1 (COOH)

$$= 36,84 + 425,6 + 21,35 + 79,97$$

$$= 563,76 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{563,76 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{282 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,999 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Asam Linoleat ($\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$) = 1 (CH_3) + 12 (CH_2) + 2 ($\text{C}=\text{C}$) + 1 (COOH)

$$= 36,84 + 364,8 + 42,7 + 79,97$$

$$= 524,31 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{524,31 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{280 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,872 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Asam Linolenat ($\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$) = 1 (CH_3) + 10 (CH_2) + 3 ($\text{C}=\text{C}$) + 1 (COOH)

$$= 36,84 + 304 + 64,05 + 79,97$$

$$= 484,86 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{484,86 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{280,45 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,728 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Asam Cis-11 Eikosenoat ($\text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_2$)

$$= 1 (\text{CH}_3) + 16 (\text{CH}_2) + (\text{C}=\text{C}) + 1 (\text{COOH})$$

$$= 36,84 + 486,4 + 21,35 + 79,97$$

$$= 624,56 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{624,56 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{302,45 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 2,065 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Cp FFA (Free Fatty Acid)

$$= ((13\% \times 2,118) + (2,5\% \times 2,123) + (0,1 \times 2,100) + (0,2\% \times 2,112) + (0,5\% \times 2,12) + (30,5 \times 1,999) + (52 \times 1,872) + (1 \times 1,728) + (0,2 \times 2,065)) \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$= 1,950 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Tabel B. 6 Hasil perhitungan Cp Komposisi Asam Lemak Trigliserida

Asam Lemak	Rumus	% Fraksi Berat	BM (Kg/Kmol)	Cp (kJ/Kmol ^o C)
Tri-Palmitat	C ₅₁ H ₉₈ O ₆	13	806	2.049
Tri-Stearat	C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	2.5	890	2.060
Tri-Laurat	C ₃₉ H ₇₄ O ₆	0.1	638	2.016
Tri-Miristat	C ₄₅ H ₈₆ O ₆	0.2	722	2.034
Tri-Arakidat	C ₆₃ H ₆₈ O ₆	0.5	920	2.191
Tri-Oleat	C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	30.5	884	1.940
Tri-Linoleat	C ₅₇ H ₉₈ O ₆	52	878	1.819
Tri-Linolenic	C ₅₇ H ₉₂ O ₆	1	872	1.696
Tri-Gondoat	C ₆₃ H ₁₁₆ O ₆	0.2	968	1.960

Menghitung Cp Trigliserida

- $$\begin{aligned} \text{Cp Tri-Palmitat (C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6) &= 3 (\text{CH}_3) + 44 (\text{CH}_2) + 3 (\text{OCO}) + \text{CH} \\ &= 110,52 + 1.337,6 + 182,13 + 20,93 \\ &= 1.651,18 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C} \\ &= \frac{1.651,18 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{806 \text{ Kg/Kmol}} \\ &= 2,049 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- $$\text{Cp Tri-Stearat (C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6) = 3 (\text{CH}_3) + 50 (\text{CH}_2) + 3 (\text{OCO}) + \text{CH}$$

$$= 110,52 + 1.520 + 182,13 + 20,93$$

$$= 1.833,58 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{1.833,58 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{890 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 2,060 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Laurat ($\text{C}_{39}\text{H}_{74}\text{O}_6$) = 3 (CH_3) + 32 (CH_2) + 3 (OCO) + CH

$$= 110,52 + 972,8 + 182,13 + 20,93$$

$$= 1.286,38 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{1.286,38 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{638 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 2,016 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Miristat ($\text{C}_{45}\text{H}_{86}\text{O}_6$) = 3 (CH_3) + 38 (CH_2) + 3 (OCO) + CH

$$= 110,52 + 1.155,2 + 182,13 + 20,93$$

$$= 1.468,78 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{1.468,78 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{722 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 2,034 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Arakidat ($\text{C}_{63}\text{H}_{108}\text{O}_6$) = 3 (CH_3) + 56 (CH_2) + 3 (OCO) + CH

$$= 110,52 + 1.702,4 + 182,13 + 20,93$$

$$= 2.015,98 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{2.015,98 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{920 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 2,191 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Oleat ($\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$) = 3 (CH_3) + 44 (CH_2) + 3 (OCO) + CH

$$+ 3 (\text{C}=\text{C})$$

$$= 110,52 + 1.337,6 + 182,13 + 20,93 + 64,05$$

$$= 1.715,23 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{2.015,98 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{884 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,940 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Linoleat ($\text{C}_{57}\text{H}_{98}\text{O}_6$) = 3 (CH₃) + 38 (CH₂) + 3 (OCO) + CH
+ 6 (C=C)
= 110,52 + 1.155,2 + 182,13 + 20,93 + 128,1
= 1.596,88 kJ/Kmol^{°C}

$$= \frac{1.596,88 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{878 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,819 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Linolenic ($\text{C}_{57}\text{H}_{92}\text{O}_6$) = 3 (CH₃) + 32 (CH₂) + 3 (OCO) + CH
+ 9 (C=C)
= 110,52 + 972,8 + 182,13 + 20,93 + 192,15
= 1.478,53 kJ/Kmol^{°C}

$$= \frac{1.478,53 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{872 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,696 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Tri-Gondoat ($\text{C}_{63}\text{H}_{116}\text{O}_6$) = 3 (CH₃) + 50 (CH₂) + 3 (OCO) + CH
+ 3 (C=C)

$$= 110,52 + 1.520 + 182,13 + 20,93 + 64,05$$

$$= 1.897,63 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{1.897,63 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{968 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,960 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Cp Trigliserida

$$\begin{aligned} &= ((13\% \times 2,049) + (2,5\% \times 2,060) + (0,1 \times 2,016) + (0,2\% \times 2,034) + (0,5\% \times \\ &2,191) + (30,5 \times 1,940) + (52 \times 1,819) + (1 \times 1,696) + (0,2 \times 1,960)) \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} \\ &= 1,893 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Menghitung Cp Gliserol

$$\begin{aligned} \text{Cp Gliserol (C}_3\text{H}_8\text{O}_3) &= 3 (\text{CH}_2) + 2 (\text{OH}) + 1 (\text{CH}) \\ &= (3 \times 30,4) + (2 \times 44,8) + (1 \times 20,93) \\ &= 216,13 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C} \\ &= \frac{216,13 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{92 \text{ Kg/Kmol}} \\ &= 2,349 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Tabel B. 7 Data Cp Untuk Unsur (kJ/Kmol°C) Dengan Metode Chueh & Swanson's:

Element	Cp (kJ/Kmol°C)
C	7.5
H	9.6
B	11.3
Si	15.9
O	16.7
F	20.9
P dan S	22.6
all others	26

Menghitung Cp Tokoferol, Fitosterol dan Fosfolipid

- Cp Tokoferol (C₂₉H₅₀O₂)
$$\begin{aligned} &= 29 (\text{C}) + 50 (\text{H}) + 2 (\text{O}) \\ &= (29 \times 7,5) + (50 \times 9,6) + (2 \times 16,7) \\ &= 730,90 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C} \\ &= \frac{730,90 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{430 \text{ Kg/Kmol}} \end{aligned}$$

$$= 1,700 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Fitosterol ($\text{C}_{29}\text{H}_{50}\text{O}$)

$$= 29 (\text{C}) + 50 (\text{H}) + 1 (\text{O})$$

$$= (29 \times 7,5) + (50 \times 9,6) + (1 \times 16,7)$$

$$= 714,20 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{714,20 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{414 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,725 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

- Cp Fosfolipid ($\text{C}_{40}\text{H}_{80}\text{NO}_8\text{P}$)

$$= 40 (\text{C}) + 80 (\text{H}) + 8 (\text{O}) + 1 (\text{N}) + 1 (\text{P})$$

$$= (40 \times 7,5) + (80 \times 9,6) + (8 \times 16,7)$$

$$+ (1 \times 26) + (1 \times 22,6)$$

$$= 1.250,20 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}$$

$$= \frac{1.250,20 \text{ kJ/Kmol}^\circ\text{C}}{733 \text{ Kg/Kmol}}$$

$$= 1,706 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Tabel B. 8 Hasil perhitungan Cp Komposisi Minyak Jagung

Komponen	Fraksi	Cp (kJ/Kg ^o C)	Cp.Fraksi (kJ/Kg ^o C)
Trigliserida	95.2	1.893	1.802
FFA	2.5	1.950	0.049
Fosfolipid	1	1.706	0.017
Fitosterol	1.2	1.725	0.021
Tokoferol	0.1	1.700	0.002
Cp Minyak Jagung			1.8906

Tabel B. 9 Hasil perhitungan C_p Bleaching Earth

Komponen	Fraksi	Bm	C_p (kJ/Kmol°C)	C_p (kJ/Kg°C)
SiO ₂	0.74	60.08	49.3	0.607
Al ₂ O ₃	0.12	102	102.1	0.120
Fe ₂ O ₃	0.05	160	102.1	0.032
MgO	0.04	40.3	42.7	0.042
CaO	0.03	56.1	42.7	0.023
K ₂ O	0.01	94.2	68.7	0.007
Na ₂ O	0.01	62	68.7	0.011
<i>C_p Bleaching Earth</i>				0.843

Tabel B. 10 Data Konstanta Antoine Komponen-Komponen Dalam Proses Pembuatan Minyak Jagung

Komponen	A	B	C	D	Referensi
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	Yaws, 1999
Protein	2.0082000	0.0012089	0.0000013		Heldman & Lund, 2006
Lemak	1.9842000	0.0014733	0.0000048		Heldman & Lund, 2006
Karbohidrat	1.5840000	0.0019625	0.0000059		Heldman & Lund, 2006
Serat	1.8459000	0.0018306	0.0000047		Heldman & Lund, 2006
Abu	1.0926000	0.0018896	0.0000037		Heldman & Lund, 2006
NaOH	51.234	0.013088	0.000023359		Perry, 1997

- Data Enthalpi (Cp)

Rumus enthalpi pembentukan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta H^{\circ}_f(298) = 68,29 + \sum n_j \cdot \Delta_j \quad (\text{Reid, 1987})$$

Tabel B. 11 Data Nilai Δ_j kJ/mol Setiap Gugus

Gugus	Δ_j (kJ/mol)
-CH<	29.890
-CH=	37.970
-CH ₂ -	-20.640
-COOH	-426.720
CH ₃ -	-76.450

Menghitung ΔH°_f FFA (*Free Fatty Acid*)

- ΔH°_f Asam Palmitat (C₁₆H₃₂O₂) = 68,9 + [14 (-CH₂-) + 1 (-COOH) + 1 (CH₃-)]
 = 68,9 + [14 (-20,640) + 1 (-426,720)
 + 1 (-76,450)]
 = -723,840 kJ/mol
- ΔH°_f Asam Stearat (C₁₈H₃₆O₂) = 68,9 + [16 (-CH₂-) + 1 (-COOH) + 1 (CH₃-)]
 = 68,9 + [16 (-20,640) + 1 (-426,720)
 + 1 (-76,450)]
 = -765,120 kJ/mol
- ΔH°_f Asam Laurat (C₁₂H₂₄O₂) = 68,9 + [10 (-CH₂-) + 1 (-COOH) + 1 (CH₃-)]
 = 68,9 + [10 (-20,640) + 1 (-426,720)
 + 1 (-76,450)]
 = -641,280 kJ/mol
- ΔH°_f Asam Miristat (C₁₄H₂₈O₂) = 68,9 + [12 (-CH₂-) + 1 (-COOH) + 1 (CH₃-)]
 = 68,9 + [12 (-20,640) + 1 (-426,720)

$$+ 1 (-76,450)]$$

$$= -682,560 \text{ kJ/mol}$$

- $$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ \text{ Asam Arakidat (C}_{20}\text{H}_{40}\text{O}_2) &= 68,9 + [18 (-\text{CH}_2-) + 1 (-\text{COOH}) + 1 (\text{CH}_3-)] \\ &= 68,9 + [18 (-20,640) + 1 (-426,720) + 1 (76,450)] \\ &= -806,400 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ \text{ Asam Oleat (C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2) &= 68,9 + [14 (-\text{CH}_2-) + 1 (-\text{COOH}) + 1 (\text{CH}_3-) \\ &\quad + 2 (-\text{CH}=)] \end{aligned}$$

$$= 68,9 + [14 (-20,640) + 1 (-426,720)$$

$$+ 1 (-76,450) + 2 (37,970)]$$

$$= -647,900 \text{ kJ/mol}$$

- $$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ \text{ Asam Linoleat (C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2) &= 68,9 + [12 (-\text{CH}_2-) + 1 (-\text{COOH}) + 1 (\text{CH}_3-) \\ &\quad + 4 (-\text{CH}=)] \\ &= 68,9 + [12 (-20,640) + 1 (-426,720) + 1 (-76,450) \\ &\quad + 4 (37,970)] \\ &= -530,680 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ \text{ Asam Linolenat (C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2) &= 68,9 + [8 (-\text{CH}_2-) + 1 (-\text{COOH}) + 2 (\text{CH}_3-) \\ &\quad + 6 (-\text{CH}=)] \end{aligned}$$

$$= 68,9 + [8 (-20,640) + 1 (-426,720) + 2 (-76,450)$$

$$+ 6 (37,970)]$$

$$= -418,740 \text{ kJ/mol}$$

- $$\Delta H_f^\circ \text{ Asam Cis-11 Eikosenoat (C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_2)$$

$$= 68,9 + [18 (-\text{CH}_2-) + 1 (-\text{COOH}) + 1 (\text{CH}_3-)]$$

$$= 68,9 + [18 (-20,640) + 1 (-426,720) + 1 (-76,450)]$$

$$= -689,180 \text{ kJ/mol}$$

ΔH°_f FFA (*Free Fatty Acid*)

$$= ((13\% \times (-723,840)) + (2,5\% \times (-765,120)) + (0,1 \times (-641,280)) + (0,2\% \times (-682,560)) + (0,5\% \times (-806,400)) + (30,5 \times (-647,900)) + (52 \times (-530,680)) + (1 \times (-418,740)) + (0,2 \times (-689,180))) \text{ kJ/mol}$$
$$= -598,394 \text{ kJ/mol}$$

ΔH°_f FFA (*Free Fatty Acid*)

Tabel B. 12 Data Hasil Perhitungan Enthalpi Pembentukan Setiap Komponen Pada Suhu 298 K

Komponen	ΔH_f (Kj/mol) (298 K)
FFA	-598.394
Trigliserida	-1899.336
Gliserol	-668.6
Sabun	-513.846
Air	-285.818
NaOH	-425.609

Rumus enthalpi pembentukan pada suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta H^{\circ}_{(T_2)} = \Delta H^{\circ}_{(T_1)} + \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad (\text{Peter A \& Paula J, 2010})$$

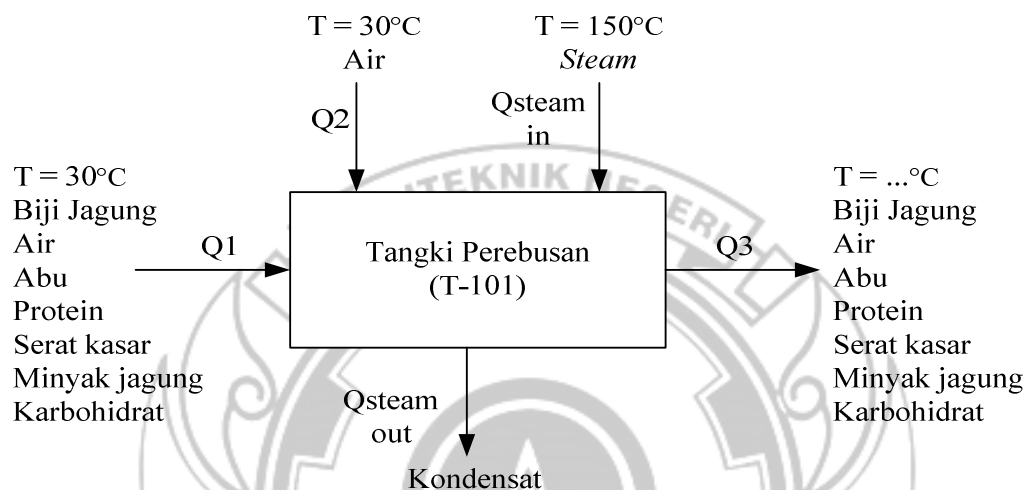
Sehingga enthalpi pembentukan di reaktor netralisasi (R-101) pada suhu 368 K sebagai berikut:

Tabel B. 13 Data Hasil Perhitungan Enthalpi Pembentukan Setiap Komponen Pada Suhu 368 K

Komponen	ΔH_f (Kj/mol) (368 K)
FFA	-462,161
Trigliserida	-1767,089
Gliserol	-504,505
Sabun	-374,774
Air	6,155
NaOH	-188,119

B.2 Tangki Perebusan (T-101)

Tangki perebusan berfungsi sebagai tempat untuk melunakkan serta menghilangkan kuman yang terdapat pada bahan baku biji jagung. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.1.



Gambar B. 1 Neraca Energi Tangki Perebusan (T-101)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q1 + Q2 + Q \text{ steam in} = Q \text{ steam out} + Q3$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q1

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 14 Data $C_p \cdot dT$ (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 1

Komponen	A	B	C	D	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	366.666

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
Abu	1.0926	0.0018896	0.00000368		9.667
Protein	2.0082	0.0012089	0.00000131		12.077
Serat	1.8459	0.0018306	0.00000465		13.659
Karbohidrat	1.584	0.0019625	0.00000594		13.146
Minyak jagung	1.8906				9.170

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^1 &= A_{\text{Air}}^1 \times C_p \cdot dT \\
 &= 842,730 \text{ Kg/Jam} \times 366,666 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 309.000,486 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Abu

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Abu}}^1 &= A_{\text{Abu}}^1 \times C_p \cdot dT \\
 &= 136,442 \text{ Kg/Jam} \times 9,667 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 1.318,986 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Protein

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{P}}^1 &= A_{\text{P}}^1 \times C_p \cdot dT \\
 &= 826,678 \text{ Kg/Jam} \times 12,077 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 9.984,105 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Serat Kasar

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{SK}}^1 &= A_{\text{SK}}^1 \times C_p \cdot dT \\
 &= 176,572 \text{ Kg/Jam} \times 13,659 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 2.411,831 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Karbohidrat

$$Q_K^1 = A_K^1 \times C_p \cdot dT$$

$$= 5.642,277 \text{ Kg/Jam} \times 13,146 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 74.173,835 \text{ kJ/Jam}$$

- Minyak Jagung

$$Q_{MJ}^1 = A_{MJ}^1 \times C_p \cdot dT$$

$$= 401,300 \text{ Kg/Jam} \times 9,170 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 17.846,784 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 15 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 1

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q1 (kJ/Jam)
A1 (Masuk)			
Air	842.730	366.666	309000.486
Abu	136.442	9.667	1318.986
Protein	826.678	12.077	9984.105
Serat Kasar	176.572	13.659	2411.831
Minyak Jagung	401.300	9.170	17846.784
Karbohidrat	5642.277	13.146	74173.835
	Q1		414736.027

Perhitungan Neraca Energi pada Q2

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^\circ\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 16 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 2

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	366.666

- Air

$$Q_{Air}^2 = A_{Air}^2 \times C_p \cdot dT$$

$$= 7.183,269 \text{ Kg/Jam} \times 366,666 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 2.633.861,282 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 17 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 2

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q2 (kJ/Jam)
A2 (Masuk)			
Air	7183.269	366.6661177	2633861.282
	Q2		2633861.282

Perhitungan Neraca Energi pada Q3

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 75^\circ\text{C} + 273 = 348 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 18 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 3

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	3755.296
Abu	1.0926	0.0018896	0.00000368		104.093
Protein	2.0082	0.0012089	0.00000131		126.423
Serat	1.8459	0.0018306	0.00000465		145.748
Karbohidrat	1.584	0.0019625	0.00000594		141.537
Minyak jagung	1.8906				94.248

- Air

$$Q_{Air}^3 = A_{Air}^3 \times C_p \cdot dT$$

$$= 8.025,999 \text{ Kg/Jam} \times 3.755,296 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 30.140.000,57 \text{ kJ/Jam}$$

- Abu

$$\begin{aligned} Q_{\text{Abu}}^3 &= A_{\text{Abu}}^3 \times C_p \cdot dT \\ &= 136,442 \text{ Kg/Jam} \times 104,093 \text{ kJ/Kg} \\ &= 14.202,703 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Protein

$$\begin{aligned} Q_{\text{P}}^3 &= A_{\text{P}}^3 \times C_p \cdot dT \\ &= 826,678 \text{ Kg/Jam} \times 126,423 \text{ kJ/Kg} \\ &= 104.511,351 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Serat Kasar

$$\begin{aligned} Q_{\text{SK}}^3 &= A_{\text{SK}}^3 \times C_p \cdot dT \\ &= 176,572 \text{ Kg/Jam} \times 145,748 \text{ kJ/Kg} \\ &= 25.735,030 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Karbohidrat

$$\begin{aligned} Q_{\text{K}}^3 &= A_{\text{K}}^3 \times C_p \cdot dT \\ &= 5.642,277 \text{ Kg/Jam} \times 141,537 \text{ kJ/Kg} \\ &= 798.590,582 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Minyak Jagung

$$\begin{aligned} Q_{\text{MJ}}^3 &= A_{\text{MJ}}^3 \times C_p \cdot dT \\ &= 401,300 \text{ Kg/Jam} \times 94,248 \text{ kJ/Kg} \\ &= 183.435,504 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Tabel B. 19 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 3

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q3 (kJ/Jam)
A3 (Keluar)			
Air	8025.999	3755.296	30140000.57
Abu	136.442	104.093	14202.703
Protein	826.678	126.423	104511.351
Serat Kasar	176.572	145.748	25735.030
Minyak Jagung	401.300	94.248	183435.504
Karbohidrat	5642.277	141.537	798590.582
Q3			31266475.74

$$\begin{aligned} \Delta Q &= Q_3 - (Q_1 + Q_2) \\ &= 31.266.475,74 - (414.736,027 + 2.633.861,282) \\ &= 28.217.878,43 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Saturated steam pada $T = 150^\circ\text{C}$, diperoleh data $H_L = 632,100 \text{ kJ/Kg}$ dan $H_v = 2.745,400 \text{ kJ/Kg}$

$$\begin{aligned} \lambda &= H_v - H_L \\ &= (2.745,400 - 632,100) \text{ kJ/Kg} \\ &= 2.113,300 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah steam yang diperlukan (m)} &= \frac{\Delta Q}{\lambda} \\ &= \frac{28.217.878,43 \text{ kJ/Jam}}{2.113,300 \text{ kJ/Kg}} \\ &= 13.352,519 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas steam yang masuk (Q steam in)} &= m \times H_v \\ &= 13.352,519 \text{ Kg/Jam} \times 2.745,400 \text{ kJ/Kg} \\ &= 36.658.005,69 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Panas steam yang keluar (Q steam out) = m x H_L

$$= 13.352,519 \text{ Kg/Jam} \times 632,100 \text{ kJ/Kg}$$

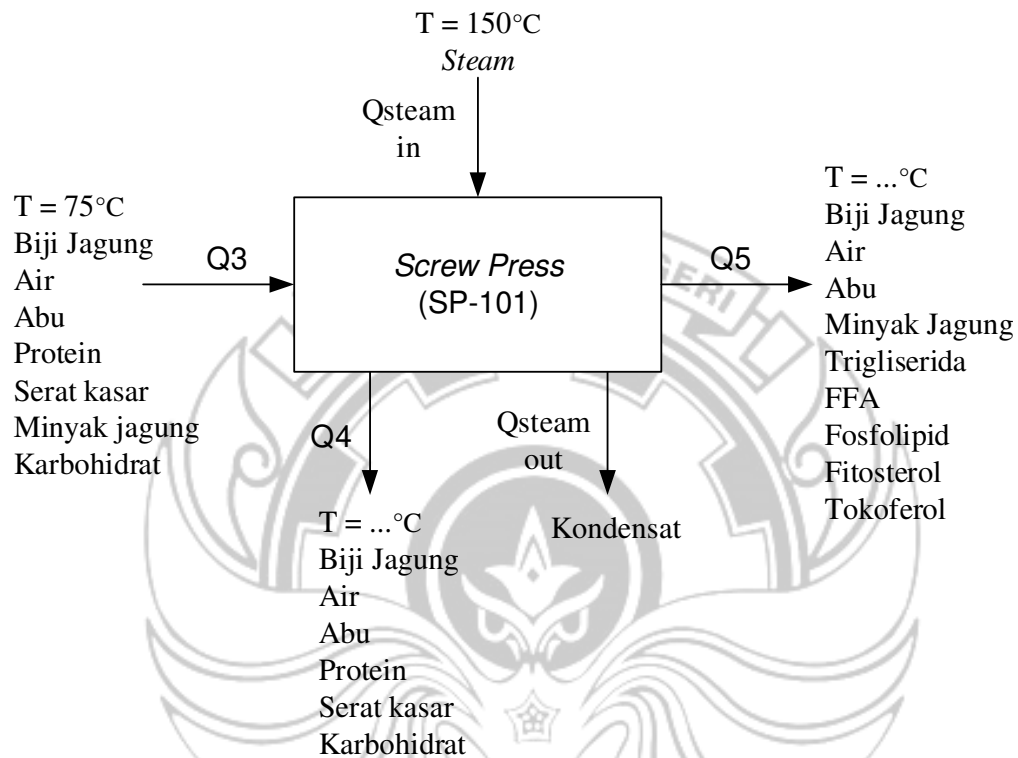
$$= 8.440.127,267 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 20 Neraca Energi Tangki Perebusan (T-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)			Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q1	Q2	Qsteam	Q3	Qsteam
Air	309000.48	2633861.28	36658005.69	30140000.56	8440127.2
	6	2	5	6	7
Abu	1318.986			14202.703	
Protein	9984.105			104511.351	
Serat Kasar	2411.831			25735.030	
Minyak Jagung	17846.784			183435.504	
Karbohidrat	74173.835			798590.582	
Total	414736.02	2633861.28	36658005.69	31266475.73	8440127.2
	7	2	5	6	7
		39.706.603		39.706.603	

B.3 Screw Press (SP-102)

Screw press berfungsi untuk mengepres biji jagung yang telah lunak hingga diperoleh minyak mentah (*crude corn oil*) dapat dilihat pada Gambar B.2.



Gambar B. 2 Neraca Energi *Screw Press* (SP-102)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q3 + Q \text{ steam in} = Q \text{ steam out} + Q4 + Q5$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q4

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 100^{\circ}\text{C} + 273 = 373 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 21 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 4

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	5641.388
Abu	1.0926	0.0018896	0.00000368		160.405
Protein	2.0082	0.0012089	0.00000131		191.791
Serat	1.8459	0.0018306	0.00000465		223.511
Karbohidrat	1.584	0.0019625	0.00000594		218.130

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^4 &= A_{\text{Air}}^4 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 7.464,179 \text{ Kg/Jam} \times 5.641,388 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 42.108,328,178 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Abu

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Abu}}^4 &= A_{\text{Abu}}^4 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 126,891 \text{ Kg/Jam} \times 160,405 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 20.353,961 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Protein

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{P}}^4 &= A_{\text{P}}^4 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 826,678 \text{ Kg/Jam} \times 191,791 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 158.549,250 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Serat Kasar

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{SK}}^4 &= A_{\text{SK}}^4 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 176,572 \text{ Kg/Jam} \times 223,511 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 39.465,733 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Karbohidrat

$$Q_K^4 = A_K^4 \times C_p \cdot dT$$

$$= 5.642,277 \text{ Kg/Jam} \times 218,130 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 1.230.752,542 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 22 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 4

Komponen	Massa	Cp.dT	Q4 (kJ/Jam)
A4 (Keluar)	(Kg/Jam)	(kJ/Kg)	
Air	7464.179	5641.388	42108328.178
Abu	126.891	160.405	20353.961
Protein	826.678	191.791	158549.250
Serat Kasar	176.572	223.511	39465.733
Karbohidrat	5642.277	218.130	1230752.542
	Q4		43557449.664

Perhitungan Neraca Energi pada Q5

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 100^\circ\text{C} + 273 = 373 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 23 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 5

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	5641.388
Abu	1.0926	0.0018896	0.00000368		160.405

Tabel B. 24 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 5

Komponen	Kandungan	Cp kJ/Kg°C	Cp dT (kJ/Kg)
Trigliserida	95.2	1.893	141.713
FFA	2.5	1.950	145.985
Fosfolipid	1	1.706	127.664
Fitosterol	1.2	1.725	129.125
Tokoferol	0.1	1.700	127.228

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^5 &= A_{\text{Air}}^5 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 561,820 \text{ Kg/Jam} \times 5.641,388 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 3.169.444,056 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Abu

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Abu}}^5 &= A_{\text{Abu}}^5 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 9,551 \text{ Kg/Jam} \times 160,405 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 1.532,019 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^5 &= A_{\text{Tri}}^4 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 382,038 \text{ Kg/Jam} \times 141,713 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 54.139,752 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^5 &= A_{\text{FFA}}^5 \times \text{Cp.dT} \\
 &= 10,032 \text{ Kg/Jam} \times 145,985 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 1.464,595 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned}
 Q_{F0}^5 &= A_{F0}^5 \times C_p \cdot dT \\
 &= 4,013 \text{ Kg/Jam} \times 127,664 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 512,314 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned}
 Q_{Fi}^5 &= A_{Fi}^5 \times C_p \cdot dT \\
 &= 4,816 \text{ Kg/Jam} \times 129,125 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 621,816 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned}
 Q_T^5 &= A_T^5 \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,401 \text{ Kg/Jam} \times 127,228 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 51,056 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 25 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 5

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q5 (kJ/Jam)
A5 (Keluar)			
Air	561.820	5641.388	3169444.056
Abu	9.551	160.405	1532.019
Total			3170976.075
Trigliserida	382.038	141.713	54139.752
FFA	10.032	145.985	1464.595
Fosfolipid	4.013	127.664	512.314
Fitosterol	4.816	129.125	621.816
Tokoferol	0.401	127.228	51.056
Total			56789.534
Q5			3227765.609

$$\begin{aligned}\Delta Q &= (Q_4 + Q_5) - Q_3 \\ &= (43.557.449,664 + 3.227.765,609) - 31.266.475,736 \\ &= 15.518.739,54 \text{ kJ/Jam}\end{aligned}$$

Saturated steam pada $T = 150^\circ\text{C}$, diperoleh data $H_L = 632,100 \text{ kJ/Kg}$ dan $H_V = 2.745,400 \text{ kJ/Kg}$

$$\begin{aligned}\lambda &= H_V - H_L \\ &= (2.745,400 - 632,100) \text{ kJ/Kg} \\ &= 2.113,300 \text{ kJ/Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah steam yang diperlukan (m)} &= \frac{\Delta Q}{\lambda} \\ &= \frac{15.518.739,54 \text{ kJ/Jam}}{2.113,300 \text{ kJ/Kg}} \\ &= 7.343,368 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panas steam yang masuk (Q steam in)} &= m \times H_V \\ &= 7.343,368 \text{ Kg/Jam} \times 2.745,400 \text{ kJ/Kg} \\ &= 20.160.482,432 \text{ kJ/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panas steam yang keluar (Q steam out)} &= m \times H_L \\ &= 7.343,368 \text{ Kg/Jam} \times 632,100 \text{ kJ/Kg} \\ &= 4.641.742,896 \text{ kJ/Jam}\end{aligned}$$

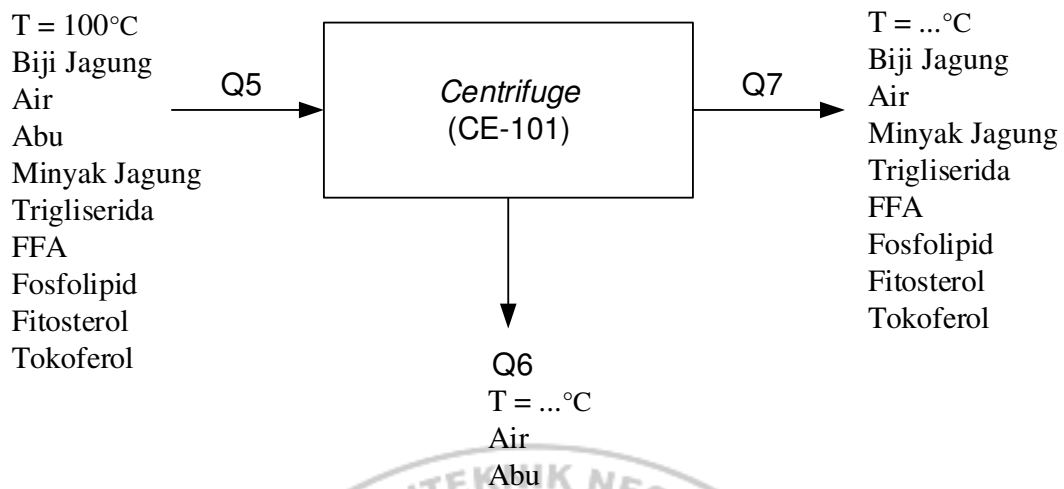
Tabel B. 26 Neraca Energi *Screw Press* (SP-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)		
	Q3	Qsteam	Qsteam	Q4	Q5
Air	30140000.5	20160482.4	4641742.89	42108328.1	3169444.05
	7	3	6	8	6
Abu	14202.7026			20353.9610	1532.01857
	8			9	7
Protein	104511.351			158549.250	
	1			1	

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar kJ/Jam)		
	Q3	Qsteam	Qsteam	Q4	Q5
Serat Kasar	25735.0304			39465.7332	
Minyak Jagung	4			4	
Karbohidrat	798590.581			1230752.54	
	7			2	
Trigliserida					54139.7524
					3
FFA					1464.59484
					7
Fosfolipid					512.314221
					3
Fitosterol					621.815641
					7
Tokoferol					51.0564245
					3
Total	31266475.7	20160482.4	4641742.89	43557449.6	3227765.60
	4	3	6	6	9
	51426958.17		51426958.17		

B.4 Centrifuge (CE-101)

Centrifuge digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan yakni *crude corn oil* dengan sisa-sisa ampas yang masih terbawa. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.3.



Gambar B. 3 Neraca Energi *Centrifuge* (CE-101)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q5 = Q6 + Q7$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q6

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 90^{\circ}\text{C} + 273 = 363 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 27 Data $C_p \cdot dT$ (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 6

Komponen	A	B	C	D	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	4885.610
Abu	1.0926	0.0018896	0.00000368		137.539

- Air

$$Q_{Air}^6 = A_{Air}^6 \times C_p \cdot dT$$

$$= 505,638 \text{ Kg/Jam} \times 4.885,610 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 2.470.349,592 \text{ kJ/Jam}$$

- Abu

$$Q_{\text{Abu}}^6 = A_{\text{Abu}}^6 \times C_p \cdot dT$$

$$= 9,551 \text{ Kg/Jam} \times 137,539 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 1.313,627 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 28 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 6

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q6 (kJ/Jam)
A6 (Keluar)			
Air	505.638	4885.610	2470349.592
Abu	9.551	137.539	1313.627
	Q6		2471663.220

Perhitungan Neraca Energi pada Q7

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 90^\circ\text{C} + 273 = 363 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 29 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 7

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	4885.610
Triglicerida	1.893				122.780
FFA	1.950				126.481
Fosfolipid	1.706				110.608
Fitosterol	1.725				111.874
Tokoferol	1.700				110.230

- Air

$$Q_{\text{Air}}^7 = A_{\text{Air}}^7 \times C_p \cdot dT$$

$$= 56,182 \text{ Kg/Jam} \times 4.885,610 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 274.483,288 \text{ kJ/Jam}$$

- Trigliserida

$$Q_{\text{Tri}}^7 = A_{\text{Tri}}^7 \times C_p \cdot dT$$

$$= 382,038 \text{ Kg/Jam} \times 122,780 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 46.906,653 \text{ kJ/Jam}$$

- FFA

$$Q_{\text{FFA}}^7 = A_{\text{FFA}}^7 \times C_p \cdot dT$$

$$= 10,032 \text{ Kg/Jam} \times 126,481 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 1.268,924 \text{ kJ/Jam}$$

- Fosfolipid

$$Q_{\text{Fo}}^7 = A_{\text{Fo}}^7 \times C_p \cdot dT$$

$$= 4,013 \text{ Kg/Jam} \times 110,608 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 443,869 \text{ kJ/Jam}$$

- Fitosterol

$$Q_{\text{Fi}}^7 = A_{\text{Fi}}^7 \times C_p \cdot dT$$

$$= 4,816 \text{ Kg/Jam} \times 111,874 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 538,741 \text{ kJ/Jam}$$

- Tokoferol

$$Q_{\text{T}}^7 = A_{\text{T}}^7 \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,401 \text{ Kg/Jam} \times 110,230 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 44,235 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 30 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 7

Komponen A7 (Keluar)	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q7 (kJ/Jam)
Air	56.182	4885.610	274483.288
Trigliserida	382.038	122.780	46906.653
FFA	10.032	126.481	1268.924
Fosfolipid	4.013	110.608	443.869
Fitosterol	4.816	111.874	538.741
Tokoferol	0.401	110.230	44.235
	Q7		323685.7096

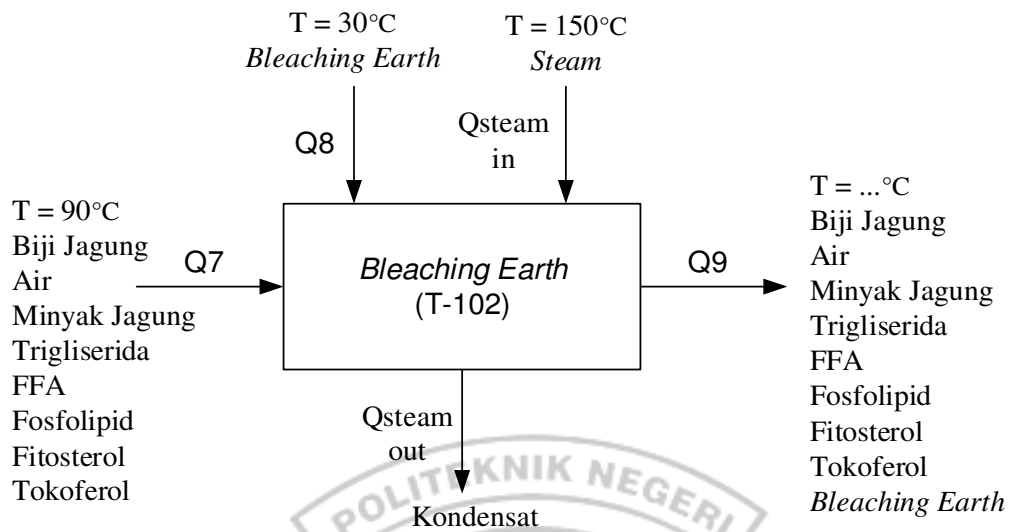
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{yang hilang}} &= Q5 - (Q6 + Q7) \\
 &= 3.227.765,609 - (2.471.663,220 + 323.685,710) \\
 &= 432.416,679 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 31 Neraca Energi *Centrifuge* (CE-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q5	Q6	Q7	Q _{yang hilang}
Air	3169444.056	2470349.592	274483.288	432416.679
Abu	1532.019	1313.627		
Trigliserida	54139.752		46906.653	
FFA	1464.595		1268.924	
Fosfolipid	512.314		443.869	
Fitosterol	621.816		538.741	
Tokoferol	51.056		44.235	
Total	3227765.609	2471663.220	323685.710	432416.679
	3227765.609		3227765.609	

B.5 Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Bleaching Earth digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang sekaligus menjernihkan minyak jagung yang akan dihasilkan. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.4.



Gambar B. 4 Neraca Energi *Bleaching Earth* (T-102)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q_7 + Q_8 + Q_{\text{steam in}} = Q_{\text{steam out}} + Q_9$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q_8

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 32 Data $C_p \cdot dT$ (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 8

Komponen	A	B	C	D	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)
<i>Bleaching Earth</i>	0.843				4.088

- *Bleaching Earth*

$$Q_{\text{BE}}^8 = A_{\text{BE}}^8 \times C_p \cdot dT$$

$$= 4,575 \text{ Kg/Jam} \times 4,088 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 18,701 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 33 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 8

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q8 (kJ/Jam)
A8 (Masuk)			
<i>Bleaching earth</i>	4.575	4.088	18.701
	Q8		18.701

Perhitungan Neraca Energi pada Q9

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 110^{\circ}\text{C} + 273 = 383 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 34 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 9

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	6399.838
Trigliserida	1.893				160.646
FFA	1.950				165.489
Fosfolipid	1.706				144.720
Fitosterol	1.725				146.376
Tokoferol	1.700				144.225
<i>Bleaching Earth</i>	0.843				71.515

- Air

$$Q_{\text{Air}}^9 = A_{\text{Air}}^9 \times \text{Cp.dT}$$

$$= 56,182 \text{ Kg/Jam} \times 6.399,838 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 359.555,635 \text{ kJ/Jam}$$

- Trigliserida

$$Q_{\text{Tri}}^9 = A_{\text{Tri}}^9 \times \text{Cp.dT}$$

$$= 382,038 \text{ Kg/Jam} \times 160,646 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 61.372,852 \text{ kJ/Jam}$$

- FFA

$$Q_{\text{FFA}}^{\circ} = A_{\text{FFA}}^{\circ} \times C_p \cdot dT$$

$$= 10,032 \text{ Kg/Jam} \times 165,489 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 1.660,266 \text{ kJ/Jam}$$

- Fosfolipid

$$Q_{\text{Fo}}^{\circ} = A_{\text{Fo}}^{\circ} \times C_p \cdot dT$$

$$= 4,013 \text{ Kg/Jam} \times 144,720 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 580,760 \text{ kJ/Jam}$$

- Fitosterol

$$Q_{\text{Fi}}^{\circ} = A_{\text{Fi}}^{\circ} \times C_p \cdot dT$$

$$= 4,816 \text{ Kg/Jam} \times 146,376 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 704,891 \text{ kJ/Jam}$$

- Tokoferol

$$Q_{\text{T}}^{\circ} = A_{\text{T}}^{\circ} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,401 \text{ Kg/Jam} \times 144,225 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 57,878 \text{ kJ/Jam}$$

- *Bleaching Earth*

$$Q_{\text{BE}}^{\circ} = A_{\text{BE}}^{\circ} \times C_p \cdot dT$$

$$= 4,575 \text{ Kg/Jam} \times 71,515 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 327,167 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 35 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 9

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q9 (kJ/Jam)
A9 (Keluar)			
Air	56.182	6399.838	359555.635
Trigliserida	382.038	160.646	61372.852
FFA	10.032	165.489	1660.266
Fosfolipd	4.013	144.720	580.760
Fitosterol	4.816	146.376	704.891
Tokoferol	0.401	144.225	57.878
Bleaching Earth	4.575	71.515	327.167
	Q9		424259.447

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_9 - (Q_7 + Q_8) \\ &= 424.259,447 - (323.685,710 + 18,701) \\ &= 100.555,037 \text{ kJ/Jam}\end{aligned}$$

Saturated steam pada $T = 150^\circ\text{C}$, diperoleh data $H_L = 632,100 \text{ kJ/Kg}$ dan $H_V = 2.745,400 \text{ kJ/Kg}$

$$\begin{aligned}\lambda &= H_V - H_L \\ &= (2.745,400 - 632,100) \text{ kJ/Kg} \\ &= 2.113,300 \text{ kJ/Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah steam yang diperlukan (m)} &= \frac{\Delta Q}{\lambda} \\ &= \frac{100.555,037 \text{ kJ/Jam}}{2.113,300 \text{ kJ/Kg}} \\ &= 47,582 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panas steam yang masuk (Q steam in)} &= m \times H_V \\ &= 47,582 \text{ Kg/Jam} \times 2.745,400 \text{ kJ/Kg} \\ &= 130.631,618 \text{ kJ/Jam}\end{aligned}$$

$$\text{Panas steam yang keluar (Q steam out)} = m \times H_L$$

$$= 47,582 \text{ Kg/Jam} \times 632,100 \text{ kJ/Kg}$$

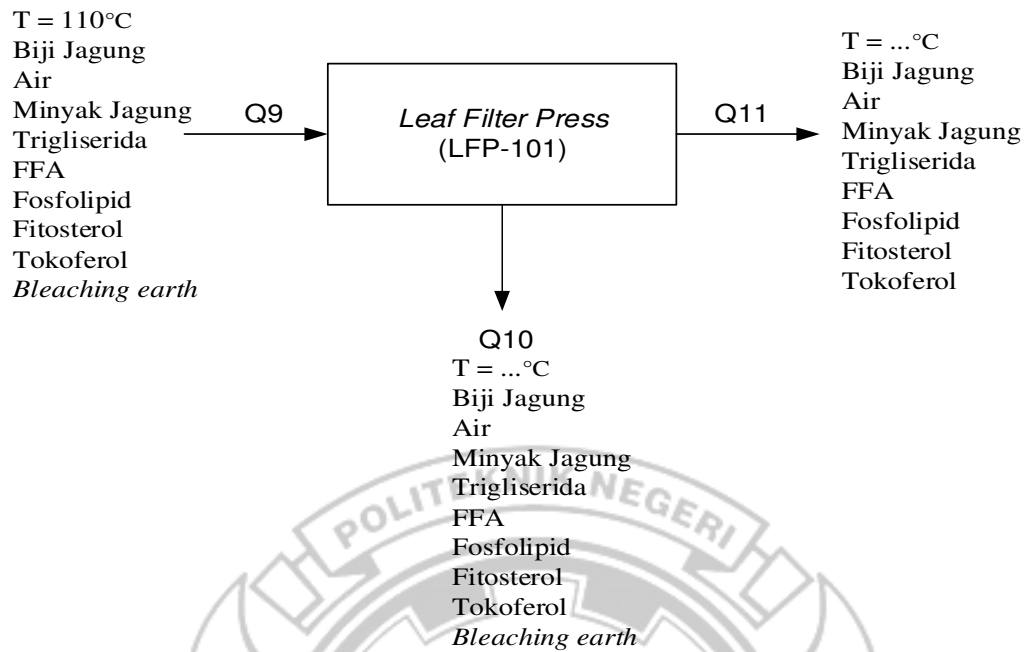
$$= 30.076,581 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 36 Neraca Energi Tangki *Bleaching Earth* (T-102)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)			Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q7	Q8	Qsteam	Q9	Qsteam
Air	274483.288		130631.618	359555.635	30076.581
Trigliserida	46906.653			61372.852	
FFA	1268.924			1660.266	
Fosfolipid	443.869			580.760	
Fitosterol	538.741			704.891	
Tokoferol	44.235			57.878	
Bleaching Earth		18.701		327.167	
Total	323685.710	18.701	130631.618	424259.447	30076.581
		454336.029		454336.029	

B.6 Leaf Filter Press (LFP-101)

Leaf Filter Press digunakan untuk memisahkan *bleaching earth* yang terikut pada minyak setelah melalui tangki *bleaching earth*. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.5



Gambar B. 5 Neraca Energi *Leaf Filter Press* (LFP-101)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q9 = Q10 + Q11$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q10

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 95^{\circ}\text{C} + 273 = 368 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 37 Data $C_p \cdot dT$ (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 10

Komponen	A	B	C	D	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	5263.213
Trigliserida	1.893				132.247
FFA	1.950				136.233

Fosfolipid	1.706	119.136
Fitosterol	1.725	120.500
Tokoferol	1.700	118.729
<i>Bleaching Earth</i>	0.843	58.872

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{10} &= A_{\text{Air}}^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 52,249 \text{ Kg/Jam} \times 5.263,213 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 274.998,952 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^{10} &= A_{\text{Tri}}^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,764 \text{ Kg/Jam} \times 132,247 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 101,046 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^{10} &= A_{\text{FFA}}^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 9,330 \text{ Kg/Jam} \times 136,233 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 1.271,086 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fo}}^{10} &= A_{\text{Fo}}^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 3,732 \text{ Kg/Jam} \times 119,136 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 444,625 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fi}}^{10} &= A_{\text{Fi}}^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 4,479 \text{ Kg/Jam} \times 120,500 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 539,659 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned}
 Q_T^{10} &= A_T^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,373 \text{ Kg/Jam} \times 118,729 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 44,311 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- *Bleaching Earth*

$$\begin{aligned}
 Q_{BE}^{10} &= A_{BE}^{10} \times C_p \cdot dT \\
 &= 4,575 \text{ Kg/Jam} \times 58,872 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 269,330 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 38 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 10

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q10 (kJ/Jam)
A10 (Keluar)			
Air	52.249	5263.213	274998.952
Trigliserida	0.764	132.247	101.046
FFA	9.330	136.233	1271.086
Fosfolipid	3.732	119.136	444.625
Fitosterol	4.479	120.500	539.659
Tokoferol	0.373	118.729	44.311
Bleaching Earth	4.575	58.872	269.330
Q10			277669.009

Perhitungan Neraca Energi pada Q11

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 95^\circ\text{C} + 273 = 368 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 39 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 11

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	5263.213
Trigliserida	1.893				132.247

FFA	1.950	136.233
Fosfolipid	1.706	119.136
Fitosterol	1.725	120.500
Tokoferol	1.700	118.729

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{11} &= A_{\text{Air}}^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 3,933 \text{ Kg/Jam} \times 5.263,213 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 20.698,846 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^{11} &= A_{\text{Tri}}^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 381,273 \text{ Kg/Jam} \times 132,247 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 50.422,156 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^{11} &= A_{\text{FFA}}^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,702 \text{ Kg/Jam} \times 136,233 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 95,673 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fo}}^{11} &= A_{\text{Fo}}^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,281 \text{ Kg/Jam} \times 119,136 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 33,466 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fi}}^{11} &= A_{\text{Fi}}^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,337 \text{ Kg/Jam} \times 120,500 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 40,619 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned}
 Q_T^{11} &= A_T^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,028 \text{ Kg/Jam} \times 118,729 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 3,335 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 40 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 11

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q11 (kJ/Jam)
A11 (Keluar)			
Air	3.933	5263.213	20698.846
Trigliserida	381.273	132.247	50422.156
FFA	0.702	136.233	95.673
Fosfolipid	0.281	119.136	33.466
Fitosterol	0.337	120.500	40.619
Tokoferol	0.028	118.729	3.335
	Q11		71294.096

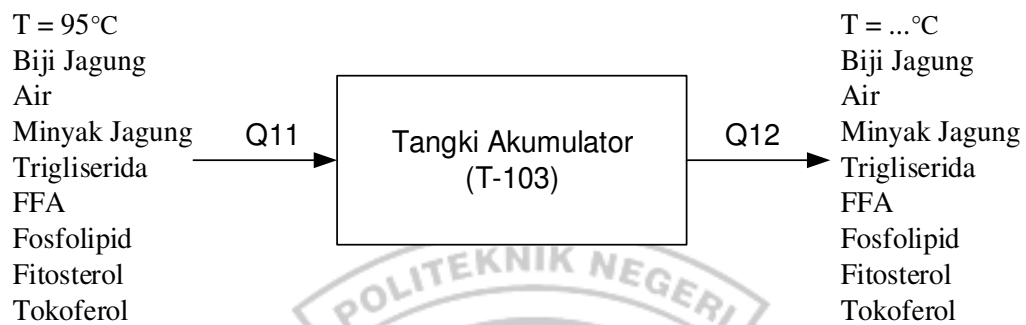
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{yang hilang}} &= Q_9 - (Q_{10} + Q_{11}) \\
 &= 424.259,447 - (277.669,009 + 71.294,096) \\
 &= 75.296,342 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 41 Neraca Energi Tangki *Leaf Filter Press* (LFP-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q9	Q10	Q11	Qyang hilang
Air	359555.635	274998.952	20698.846	75296.342
Trigliserida	61372.852	101.046	50422.156	
FFA	1660.266	1271.086	95.673	
Fosfolipid	580.760	444.625	33.466	
Fitosterol	704.891	539.659	40.619	
Tokoferol	57.878	44.311	3.335	
Bleaching Earth	327.167	269.330		
Total	424259.447	277669.009	71294.096	75296.342
	424259.447		424259.447	

B.7 Tangki Akumulator (T-103)

Tangki akumulator digunakan sebagai tempat penampungan minyak sementara setelah melalui proses pemisahan. Aliran massa masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.6.



Gambar B. 6 Neraca Energi Tangki Akumulator (T-103)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q11 = Q12$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q12

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 80^{\circ}\text{C} + 273 = 353 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 42 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 12

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	4131.742
Trigliserida	1.893				103.847
FFA	1.950				106.978
Fosfolipid	1.706				93.552
Fitosterol	1.725				94.623
Tokoferol	1.700				93.232

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{12} &= A_{\text{Air}}^{12} \times C_p \cdot dT \\
 &= 3,933 \text{ Kg/Jam} \times 4.131,742 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 16.249,066 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^{12} &= A_{\text{Tri}}^{12} \times C_p \cdot dT \\
 &= 381,273 \text{ Kg/Jam} \times 103,847 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 39.594,206 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^{11} &= A_{\text{FFA}}^{11} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,702 \text{ Kg/Jam} \times 106,978 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 75,128 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fo}}^{12} &= A_{\text{Fo}}^{12} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,281 \text{ Kg/Jam} \times 93,552 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 26,280 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fi}}^{12} &= A_{\text{Fi}}^{12} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,337 \text{ Kg/Jam} \times 94,623 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 31,897 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$Q_{\text{T}}^{12} = A_{\text{T}}^{12} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,028 \text{ Kg/Jam} \times 93,232 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 2,619 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 43 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 12

Komponen A12 (Keluar)	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/kg)	Q12 (kJ/Jam)
Air	3.933	4131.742	16249.066
Trigliserida	381.273	103.847	39594.206
FFA	0.702	106.978	75.128
Fosfolipid	0.281	93.552	26.280
Fitosterol	0.337	94.623	31.897
Tokoferol	0.028	93.232	2.619
			55979.194

$$Q_{\text{yang hilang}} = Q_{11} - Q_{12}$$

$$= 71.294,096 - 55.979,194$$

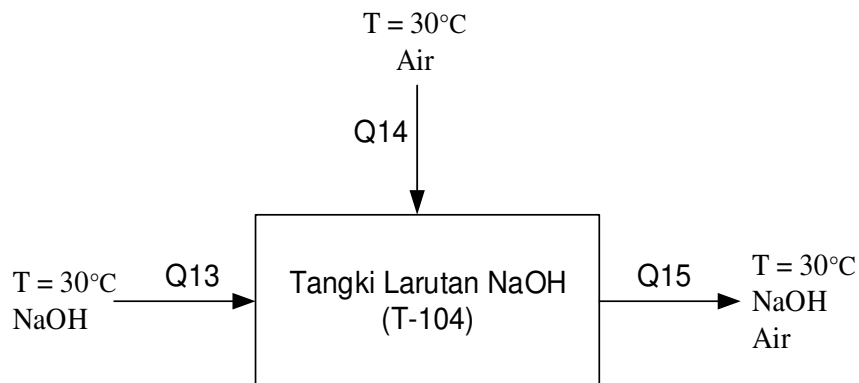
$$= 15.314,902 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 44 Neraca Energi Tangki Akumulator (T-103)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q11	Q12	Q12	Qyang hilang
Air	20698.846	16249.066	16249.066	15314.902
Trigliserida	50422.156	39594.206	39594.206	
FFA	95.673	75.128	75.128	
Fosfolipid	33.466	26.280	26.280	
Fitosterol	40.619	31.897	31.897	
Tokoferol	3.335	2.619	2.619	
Total	71294.096	55979.194	55979.194	15314.902
	71294.096		71294.096	

B.8 Tangki Larutan NaOH (T-104)

Tangki larutan NaOH digunakan untuk melarutkan NaOH padatan. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.7.



Gambar B. 7 Neraca Energi Tangki Larutan NaOH (T-104)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q13 + Q14 = Q15$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q13

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 45 Data $C_p \cdot dT$ (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 13

Komponen	A	B	C	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)
NaOH	51.234	0.0131	0.0000234	277.800

- NaOH

$$\begin{aligned}
 Q_{NaOH}^{13} &= A_{NaOH}^{13} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,117 \text{ Kg/Jam} \times 277,800 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 32,385 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 46 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 13

Komponen	Massa (Kg/Jam)	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)	Q13 (kJ/Jam)
A13 (Masuk)			

NaOH	0.117	277.800	32.385
	Q13		32.385

Perhitungan Neraca Energi pada Q14

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 47 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 14

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	366.666

- Air

$$Q_{\text{Air}}^{14} = A_{\text{Air}}^{14} \times \text{Cp.dT}$$

$$= 0,586 \text{ Kg/Jam} \times 366,666 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 214,755 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 48 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 14

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q14 (kJ/Jam)
A14 (Masuk)			
Air	0.586	366.666	214.755
	Q14		214.755

Perhitungan Neraca Energi pada Q15

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 49 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 15

Komponen	A	B	C	D	Cp dT
----------	---	---	---	---	-------

					(kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	366.666
NaOH	51.234	0.0131	0.0000234		277.800

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{15} &= A_{\text{Air}}^{15} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,586 \text{ Kg/Jam} \times 366,666 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 214,755 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- NaOH

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{NaOH}}^{15} &= A_{\text{NaOH}}^{15} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,117 \text{ Kg/Jam} \times 277,800 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 32,385 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 50 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 15

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q15 (kJ/Jam)
A15 (Keluar)			
NaOH	0.117	277.800	32.385
Air	0.586	366.666	214.755
	Q15		247.141

$$\begin{aligned}
 \Delta Q &= Q_{15} - (Q_{13} + Q_{14}) \\
 &= 247,141 - (32,385 + 214,755) \\
 &= 0 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 51 Neraca Energi Tangki Larutan NaOH (T-104)

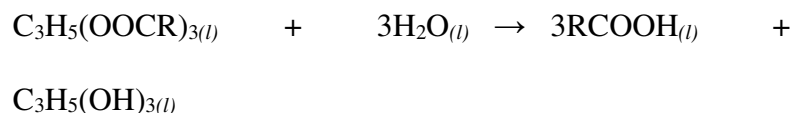
Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)
	Q13	Q14	Q15
NaOH	32.385		32.385
Air		214.755	214.755
Total	32.385	214.755	247.141
		247.141	247.141

B.9 Reaktor Netralisasi (R-101)

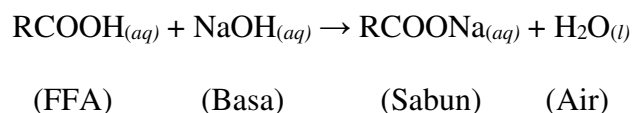
Reaktor Netralisasi berfungsi untuk menetralkan pH minyak. FFA (free fatty acid) bereaksi dengan NaOH dan menghasilkan sabun.

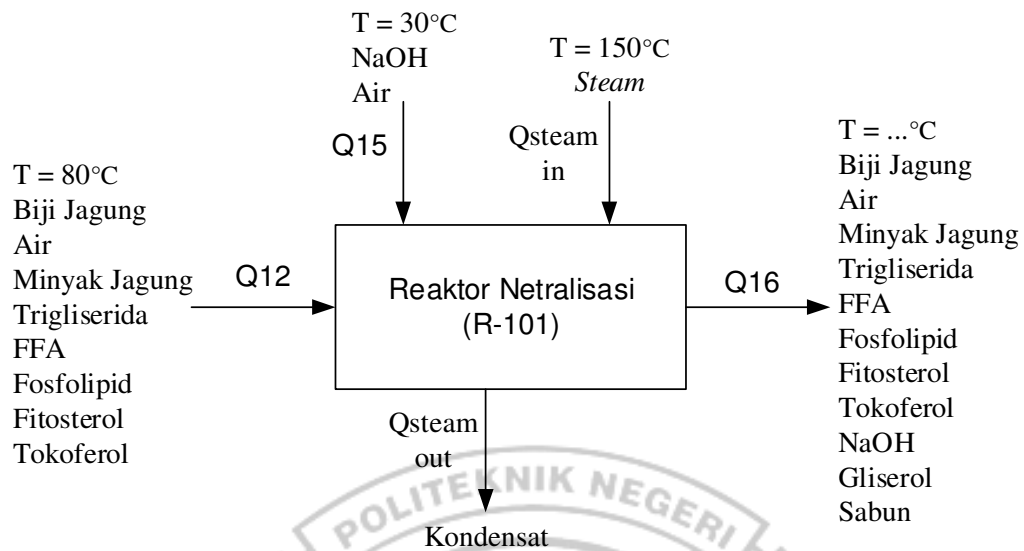
- Reaksi Hidrolisis

Reaksi hidrolisis yang terjadi dalam reaktor merupakan reaksi trigliserida dengan air membentuk gliserol dan FFA (free fatty acid). Adapun reaksi hidrolisis dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut.



Reaksi netralisasi yang terjadi dalam reaktor merupakan senyawa FFA bereaksi dengan larutan NaOH dan membentuk sabun. Adapun reaksi netralisasi dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut.





Gambar B. 8 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-101)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Tota

$$Q12 + Q15 + Q \text{ steam in} = Q16 + Q \text{ steam out}$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q16

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 95^{\circ}\text{C} + 273 = 368 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 52 Data $C_p \cdot dT$ (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 16

Komponen	A	B	C	D	$C_p \cdot dT$ (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	5263.213
Trigliserida	1.893				132.247
FFA	1.950				136.233
Fosfolipid	1.706				119.136
Fitosterol	1.725				120.500
Tokoferol	1.700				118.729
Sabun	1.991				139.071
Gliserol	2.349				164.094
NaOH	51.234	0.0131	0.0000234		4064.865

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{16} &= A_{\text{Air}}^{16} \times C_p \cdot dT \\
 &= 4,410 \text{ Kg/Jam} \times 5.263,213 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 23.211,136 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^{16} &= A_{\text{Tri}}^{16} \times C_p \cdot dT \\
 &= 378,795 \text{ Kg/Jam} \times 132,247 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 50.094,412 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^{16} &= A_{\text{FFA}}^{16} \times C_p \cdot dT \\
 &= 2,374 \text{ Kg/Jam} \times 136,233 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 323,370 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fo}}^{16} &= A_{\text{Fo}}^{16} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,281 \text{ Kg/Jam} \times 119,136 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 33,466 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fi}}^{16} &= A_{\text{Fi}}^{16} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,337 \text{ Kg/Jam} \times 120,500 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 40,619 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{T}}^{16} &= A_{\text{T}}^{16} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,028 \text{ Kg/Jam} \times 118,729 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

$$= 3,335 \text{ kJ/Jam}$$

- NaOH

$$\begin{aligned} Q_{\text{NaOH}}^{16} &= A_{\text{NaOH}}^{16} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,016 \text{ Kg/Jam} \times 4.064,865 \text{ kJ/Kg} \\ &= 64,623 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Gliserol

$$\begin{aligned} Q_G^{16} &= A_G^{16} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,262 \text{ Kg/Jam} \times 139,071 \text{ kJ/Kg} \\ &= 36,411 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Sabun

$$\begin{aligned} Q_S^{16} &= A_S^{16} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,754 \text{ Kg/Jam} \times 164,094 \text{ kJ/Kg} \\ &= 123,750 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

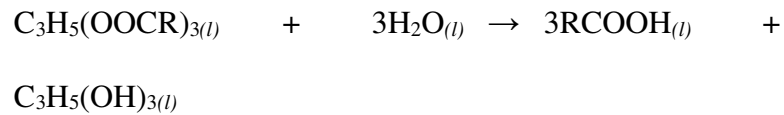
Tabel B. 53 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 16

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q16 (kJ/Jam)
A16 (Keluar)			
Air	4.410	5263.213	23211.136
Trigliserida	378.795	132.247	50094.412
FFA	2.374	136.233	323.370
Fosfolipid	0.281	119.136	33.466
Fitosterol	0.337	120.500	40.619
Tokoferol	0.028	118.729	3.335
NaOH	0.016	4064.865	64.623
Gliserol	0.262	139.071	36.411
Sabun	0.754	164.094	123.750
	Q16		73931.122

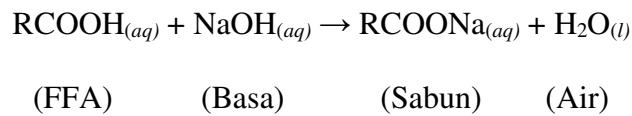
Panas Reaksi ($Q_{\text{reaksi pembentukan}}$)

$$T = 95^{\circ}\text{C} + 273 = 368 \text{ K}$$

Reaksi 1 (Reaksi Hidrolisis):



Reaksi 2 (Reaksi Netralisasi):



Tabel B. 54 Data enthalpi pembentukan standar (ΔH°_f) pada temperature 368 K

Komponen	ΔH°_f (Kj/mol)
FFA	-462,161
Trigliserida	-1767,089
Gliserol	-504,505
Sabun	-374,774
Air	6,155
NaOH	-188,119

Entalphi Pembentukan Standar (ΔH°_f)

• Reaksi Hidrolisis

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f \text{ reaksi hidrolisis} &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= [((3 (\Delta H^{\circ}_f \text{ FFA}) + \Delta H^{\circ}_f \text{ Gliserol}) - ((3 (\Delta H^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O}) + \Delta H^{\circ}_f \text{ Triglisericida})))] \\ &= [((3 (-462,161) + (-504,505)) - ((3 (6,155) + (-1767,089))))] \\ &\text{kJ/mol} \\ &= -142,365 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,0028458 \text{ Kmol/Jam} \\ &= 2,8458 \text{ mol/Jam} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{reaksi hidrolisis}} = \Delta H^{\circ}_f \text{ reaksi hidrolisis} \times r_1$$

$$= -142,365 \text{ kJ/mol} \times 2,8458 \text{ mol/Jam}$$

$$= -405,142 \text{ kJ/Jam}$$

- Reaksi Netralisasi

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaksi netralisasi}} &= \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \\ &= [(\Delta H^{\circ}_{f \text{ Sabun}} + \Delta H^{\circ}_{f \text{ H}_2\text{O}}) - (\Delta H^{\circ}_{f \text{ FFA}} + \Delta H^{\circ}_{f \text{ NaOH}})] \\ &= [((-374,774) + (6,155)) - ((-462,161) + (-188,119))] \text{ kJ/mol} \\ &= 281,660 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_2 &= 0,002517 \text{ Kmol/Jam} \\ &= 2,5170 \text{ mol/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q^{\text{reaksi netralisasi}} &= \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaksi netralisasi}} \times r_2 \\ &= 281,660 \text{ kJ/mol} \times 2,5170 \text{ mol/Jam} \\ &= 708,937 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q^{\text{reaksi pembentukan}} &= Q^{\text{reaksi hidrolisis}} + Q^{\text{reaksi netralisasi}} \\ &= ((-405,142) + 708,937) \text{ kJ/Jam} \\ &= -114,079 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= (Q_{16} - (Q_{12} + Q_{15})) + Q^{\text{reaksi pembentukan}} \\ &= (73.931,122 - (55.979,194 + 247,141)) + (-114,079) \\ &= 16.590,706 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Saturated steam pada $T = 150^{\circ}\text{C}$, diperoleh data $H_L = 632,100 \text{ kJ/Kg}$ dan $H_V = 2.745,400 \text{ kJ/Kg}$

$$\begin{aligned} \lambda &= H_V - H_L \\ &= (2.745,400 - 632,100) \text{ kJ/Kg} \\ &= 2.113,300 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah steam yang diperlukan (m)} &= \frac{\Delta Q}{\lambda} \\ &= \frac{16.590,706 \text{ kJ/Jam}}{2.113,300 \text{ kJ/Kg}} \\ &= 7,851 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas steam yang masuk (Q steam in)} &= m \times H_v \\ &= 7,851 \text{ Kg/Jam} \times 2.745,400 \text{ kJ/Kg} \\ &= 21.553,08142 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

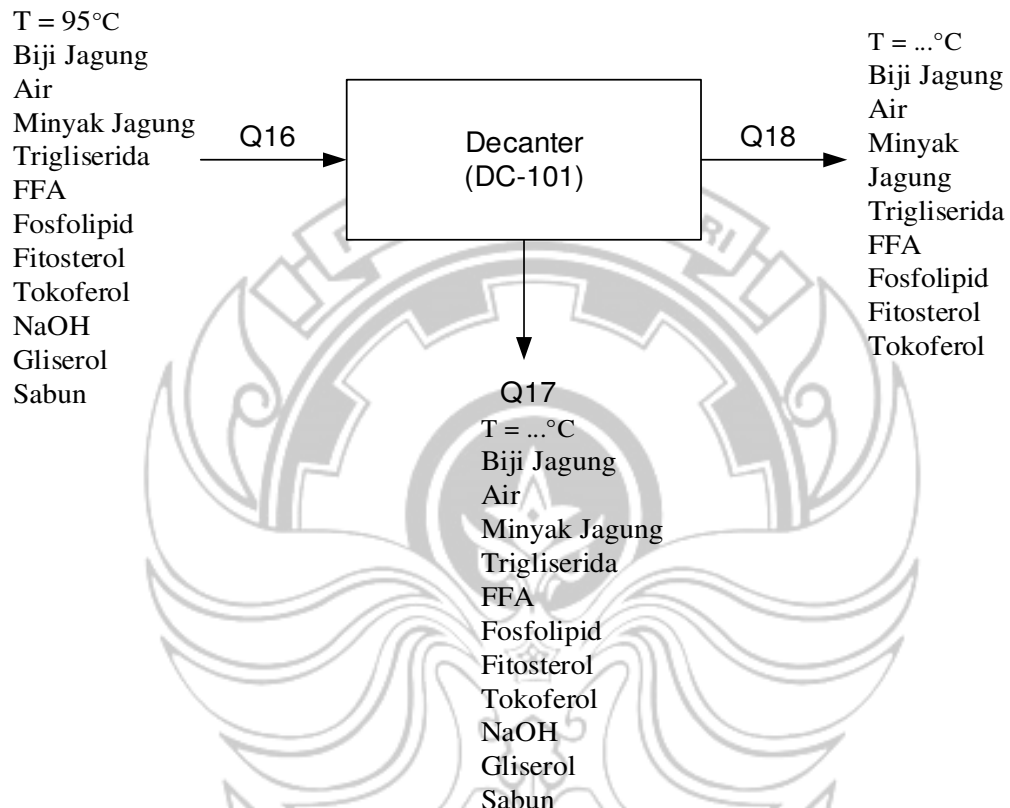
$$\begin{aligned} \text{Panas steam yang keluar (Q steam out)} &= m \times H_L \\ &= 7,851 \text{ Kg/Jam} \times 632,100 \text{ kJ/Kg} \\ &= 4.962,374 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Tabel B. 55 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-101)

Komponen	Q Masuk (Kj/jam)			Q Keluar (Kj/jam)		
	Q12	Q15	Qsteam	Q16	Qsteam	Q pembentukan
Air	16249.066	214.755	21553.081	23211.136	4962.374	-1114.079
Trigliserida	39594.206			50094.412		
FFA	75.128			323.370		
Fosfolipid	26.280			33.466		
Fitosterol	31.897			40.619		
Tokoferol	2.619			3.335		
NaOH		32.385		64.623		
Gliserol				36.411		
Sabun				123.750		
Total	55979.194	247.141	21553.081	73931.122	4962.374	-1114.079
	77779.416			77779.416		

B.10 Decanter (DC-101)

Dekanter merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan fase liquid-liquid dengan perbedaan kelarutan dan densitas. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.9.



Gambar B. 9 Neraca Energi Decanter (DC-101)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q16 = Q17 + Q18$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q17

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 90^{\circ}\text{C} + 273 = 363 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 56 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 17

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	4885.610
Trigliserida	1.893				122.780
FFA	1.950				126.481
Fosfolipid	1.706				110.608
Fitosterol	1.725				111.874
Tokoferol	1.700				110.230
Sabun	1.991				129.116
Gliserol	2.349				152.348
NaOH	51.234	0.0131	0.0000234		3769.174

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{17} &= A_{\text{Air}}^{17} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 4,410 \text{ Kg/Jam} \times 4.885,610 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 20.468,585 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^{17} &= A_{\text{Tri}}^{17} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 0,379 \text{ Kg/Jam} \times 122,780 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 46,509 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^{17} &= A_{\text{FFA}}^{17} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 2,255 \text{ Kg/Jam} \times 126,481 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 285,211 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$Q_{\text{Fo}}^{17} = A_{\text{Fo}}^{17} \times \text{Cp.dT}$$

$$= 0,267 \text{ Kg/Jam} \times 110,608 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 29,517 \text{ kJ/Jam}$$

- Fitosterol

$$Q_{Fi}^{17} = A_{Fi}^{17} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,320 \text{ Kg/Jam} \times 111,874 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 35,826 \text{ kJ/Jam}$$

- Tokoferol

$$Q_T^{17} = A_T^{17} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,027 \text{ Kg/Jam} \times 110,230 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 2,942 \text{ kJ/Jam}$$

- NaOH

$$Q_{NaOH}^{17} = A_{NaOH}^{17} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,016 \text{ Kg/Jam} \times 3.769,174 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 59,922 \text{ kJ/Jam}$$

- Gliserol

$$Q_G^{17} = A_G^{17} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,262 \text{ Kg/Jam} \times 152,348 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 39,887 \text{ kJ/Jam}$$

- Sabun

$$Q_S^{17} = A_S^{17} \times C_p \cdot dT$$

$$= 0,754 \text{ Kg/Jam} \times 129,116 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 97,371 \text{ kJ/Jam}$$

Tabel B. 57 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 17

Komponen A17 (Keluar)	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q17 (kJ/Jam)
Air	4.190	4885.610	20468.585
Trigliserida	0.379	122.780	46.509
FFA	2.255	126.481	285.211
Fosfolipid	0.267	110.608	29.517
Fitosterol	0.320	111.874	35.826
Tokoferol	0.027	110.230	2.942
NaOH	0.016	3769.174	59.922
Gliserol	0.262	152.348	39.887
Sabun	0.754	129.116	97.371
Q17			21065.770

Perhitungan Neraca Energi pada Q18

$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$

$T = 90^{\circ}\text{C} + 273 = 363 \text{ K}$

$P = 1 \text{ Atm}$

Tabel B. 58 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 18

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	4885.610
Trigliserida	1.893				122.780
FFA	1.950				126.481
Fosfolipid	1.706				110.608
Fitosterol	1.725				111.874
Tokoferol	1.700				110.230

- Air

$Q_{Air}^{18} = A_{Air}^{18} \times Cp.dT$

$= 0,221 \text{ Kg/Jam} \times 4.885,610 \text{ kJ/Kg}$

$$= 1.077,294 \text{ kJ/Jam}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned} Q_{\text{Tri}}^{18} &= A_{\text{Tri}}^{18} \times C_p \cdot dT \\ &= 378,416 \text{ Kg/Jam} \times 122,780 \text{ kJ/Kg} \\ &= 46.462,047 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned} Q_{\text{FFA}}^{18} &= A_{\text{FFA}}^{18} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,119 \text{ Kg/Jam} \times 126,481 \text{ kJ/Kg} \\ &= 15,011 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned} Q_{\text{Fo}}^{18} &= A_{\text{Fo}}^{18} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,014 \text{ Kg/Jam} \times 110,608 \text{ kJ/Kg} \\ &= 1,554 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned} Q_{\text{Fi}}^{18} &= A_{\text{Fi}}^{18} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,017 \text{ Kg/Jam} \times 111,874 \text{ kJ/Kg} \\ &= 1,886 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned} Q_{\text{T}}^{18} &= A_{\text{T}}^{18} \times C_p \cdot dT \\ &= 0,001 \text{ Kg/Jam} \times 110,230 \text{ kJ/Kg} \\ &= 0,155 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Tabel B. 59 Hasil Perhitungan Neraca Energi Pada Aliran 18

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Cp.dT (kJ/Kg)	Q18 (kJ/Jam)
A18 (Keluar)			
Air	0.221	4885.610	1077.294
Trigliserida	378.416	122.780	46462.047
FFA	0.119	126.481	15.011
Fosfolipid	0.014	110.608	1.554
Fitosterol	0.017	111.874	1.886
Tokoferol	0.001	110.230	0.155
Q18			47557.946

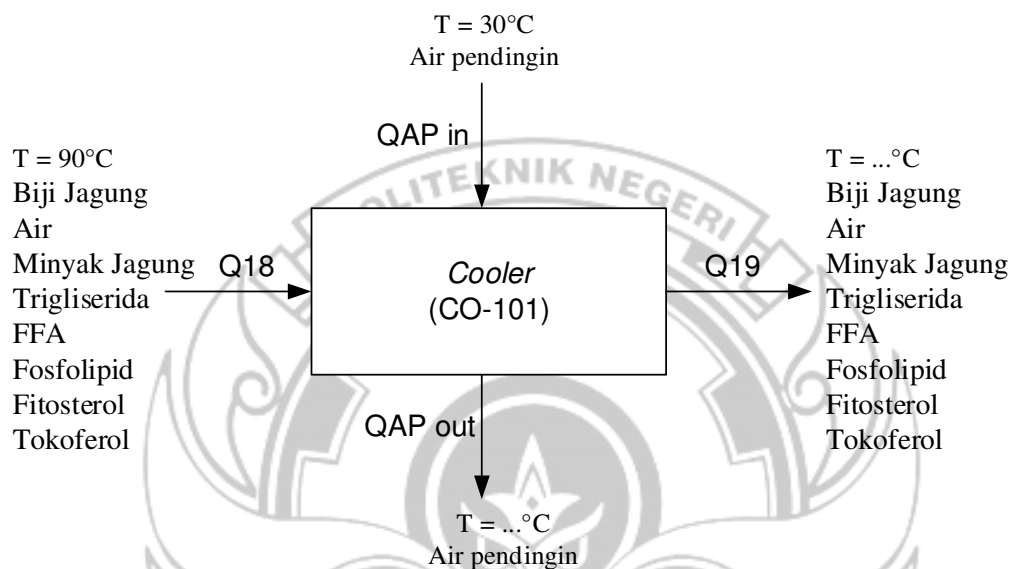
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{yang hilang}} &= Q_{16} - (Q_{17} + Q_{18}) \\
 &= 73.931,122 - (21.065,770 + 47.557,946) \\
 &= 5.307,406 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel B. 60 Neraca Energi Decanter (DC-101)

Komponen	Q Masuk (Kj/jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Q16	Q17	Q18	Qyang hilang
Air	23211.136	20468.585	1077.294	5307.406
Trigliserida	50094.412	46.509	46462.047	
FFA	323.370	285.211	15.011	
Fosfolipid	33.466	29.517	1.554	
Fitosterol	40.619	35.826	1.886	
Tokoferol	3.335	2.942	0.155	
NaOH	64.623	59.922		
Gliserol	36.411	39.887		
Sabun	123.750	97.371		
Total	73931.122	21065.770	47557.946	5307.406
	73931.122		73931.122	

B.11 Cooler (CO-101)

Cooler merupakan alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu minyak jagung sebelum disimpan ke dalam tangki penampungan akhir. Aliran energi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar B.10



Gambar B. 10 Neraca Energi *Cooler* (CO-101)

Persamaan Neraca Energi

Neraca Massa Total

$$Q18 + QAP \text{ in} = Q19 + QAP \text{ out}$$

Perhitungan Neraca Energi pada Q19

$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ Atm}$$

Tabel B. 61 Data Cp.dT (kJ/Kg) Setiap Komponen Pada Aliran 19 dan Aliran 20

Komponen	A	B	C	D	Cp dT (kJ/Kg)
H ₂ O	92.053	-0.03995	-0.00021	0.000000535	366.666
Trigliserida	1.893				9.182
FFA	1.950				9.459
Fosfolipid	1.706				8.272
Fitosterol	1.725				8.367
Tokoferol	1.700				8.244

- Air

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Air}}^{19} &= A_{\text{Air}}^{19} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 0,221 \text{ Kg/Jam} \times 366,666 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 80,851 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Trigliserida

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Tri}}^{19} &= A_{\text{Tri}}^{19} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 378,416 \text{ Kg/Jam} \times 9,182 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 3.474,802 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- FFA

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{FFA}}^{19} &= A_{\text{FFA}}^{19} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 0,119 \text{ Kg/Jam} \times 9,459 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 1,123 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fosfolipid

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Fo}}^{19} &= A_{\text{Fo}}^{19} \times \text{Cp.dT} \\
 &= 0,014 \text{ Kg/Jam} \times 8,272 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 0,116 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Fitosterol

$$\begin{aligned}
 Q_{Fi}^{19} &= A_{Fi}^{19} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,017 \text{ Kg/Jam} \times 8,367 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 0,141 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

- Tokoferol

$$\begin{aligned}
 Q_T^{19} &= A_T^{19} \times C_p \cdot dT \\
 &= 0,001 \text{ Kg/Jam} \times 8,244 \text{ kJ/Kg} \\
 &= 0,012 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Q &= Q_{18} - Q_{19} \\
 &= 47.557,946 - 3.557,045 \\
 &= 44.000,901 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Air pendingin yang digunakan pada alat *cooler* memiliki suhu 30°C dan akan keluar pada suhu 50°C sehingga:

$$C_{p,25^\circ\text{C}} (298,15 \text{ K}) = 0,232 \text{ kJ/Kg.K}$$

$$\begin{aligned}
 C_{p,30^\circ\text{C}} (303 \text{ K}) &= C_{p,25^\circ\text{C}} \times \Delta T \\
 &= 0,232 \text{ kJ/Kg.K} \times (303 - 298,15) \text{ K} \\
 &= 1,125 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{p,50^\circ\text{C}} (323 \text{ K}) &= C_{p,25^\circ\text{C}} \times \Delta T \\
 &= 0,232 \text{ kJ/Kg.K} \times (323 - 298,15) \text{ K} \\
 &= 5,765 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p &= C_{p,50^\circ\text{C}} - C_{p,30^\circ\text{C}} \\
 &= (5,765 - 1,125) \text{ kJ/Kg} \\
 &= 4,640 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air pendingin yang diperlukan (m)} &= \frac{\Delta Q}{\Delta C_p} \\ &= \frac{44.000,901 \text{ kJ/Jam}}{4,640 \text{ kJ/Kg}} \\ &= 9.482,953 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas air yang masuk (QAP in)} &= m \times C_p \cdot 30^\circ\text{C} \\ &= 9.482,953 \text{ Kg/Jam} \times 2.745,400 \text{ kJ/Kg} \\ &= 10.670,219 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas air yang keluar (QAP out)} &= m \times C_p \cdot 50^\circ\text{C} \\ &= 9.482,953 \text{ Kg/Jam} \times 632,100 \text{ kJ/Kg} \\ &= 54.671,120 \text{ kJ/Jam} \end{aligned}$$

Tabel B. 62 Neraca Energi Cooler (CO-101)

Komponen	Q Masuk (kJ/Jam)		Q Keluar (kJ/Jam)	
	Q18	QAP	Q19	QAP
Air	1077.294	10670.219	80.851	54671.120
Trigliserida	46462.047		3474.802	
FFA	15.011		1.123	
Fosfolipid	1.554		0.116	
Fitosterol	1.886		0.141	
Tokoferol	0.155		0.012	
Total	47557.946	10670.219	3557.045	54671.120
	58228.165		58228.165	

LAMPIRAN C
SPESIFIKASI ALAT

C.1 Gudang Bahan Baku Jagung



Kode	= G-101	
Fungsi	= Menyimpan biji jagung (BJ)	
Jumlah	= 1 unit	
Kondisi operasi		
Temperature	= 30° C	
Tekanan	= 1 atm	
Waktu penyimpanan	= 10 hari (24 jam)	
Faktor kelonggaran	= 20%	(Perry,1999)
Laju alir massa	= 8025,962 Kg/Jam	
Densitas Biji Jagung	= 720,9 Kg/m ³	(Lewis, 1990)

Menghitung Volume Gudang

$$\begin{aligned}\text{Massa biji jagung} &= \frac{\text{massa}}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam} \times \text{waktu tinggal} \\ &= \frac{8025,963 \text{ kg}}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam} \times 10 \text{ hari} \\ &= 192.6231 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume biji jagung} &= \frac{\text{massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{192.6231 \text{ kg}}{720,9 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 2671,981 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Direncanakan terdiri atas 2 ruang yang digunakan sehingga volume tiap ruang biji jagung berdasarkan faktor kelonggaran 20% yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tiap ruang} &= \frac{2671,981 \text{ m}^3}{2} \\
 &= 1335,990 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume gudang} &= (1+0,2) \times 1335,990 \text{ m}^3 \\
 &= 1603,188 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Menghitung Dimensi Gudang

Asumsi :

Perbandingan panjang dan lebar gudang (Salvendy, 2001)

$$\text{Tinggi} = \frac{1}{3} P$$

$$\text{Lebar} = \frac{2}{3} P$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 1603,188 \text{ m}^3 &= P \times \frac{2}{3} P \times \frac{1}{3} P
 \end{aligned}$$

$$1603,199 \text{ m}^3 = \frac{2}{9} P^3$$

$$P = 3 \sqrt{\frac{1603,188}{0,222}}$$

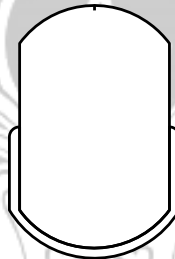
$$P = 19,329 \text{ m}$$

$$L = \frac{2}{3} \times 19,329 \text{ m} = 12,886 \text{ m}$$

$$T = \frac{1}{3} \times 19,329 \text{ m} = 6,443 \text{ m}$$

Spesifikasi Gudang Bahan Baku (G-101)	
Tekanan	= 1 atm
Suhu	= 30° C
Jumlah	= 1 unit
Panjang bangunan	= 19 m
Lebar bangunan	= 12 m
Tinggi bangunan	= 6 m

C.2 Tangki Perebusan



Fungsi	: Tangki Perebusan
Bentuk	: Silinder tegak dan tutup atas berbentuk torispherical dished
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	: 1 unit
Tekanan operasi	: 1 atm
Suhu operasi	: 100 °C
Pengelasan	: Double welded butt joint
Faktor korosi	: 1/8 in (Peters & Timmerhaus, 1991, p. 542)

Perhitungan:

Tabel C.2.1 Komposisi biji jagung yang digunakan

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	ρ (g/mL)*
Air	842,7299	0,105	1
Abu	136,4420	0,017	1,5
Protein	826,6779	0,103	0,89
Serat Kasar	176,5720	0,022	0,80
Minyak Jagung	401,2999	0,05	1,80
Karbohidrat	5642,2771	0,703	0,55
Total	8025,9987	1	

*Sumber : Choi & Oleos, 1986

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \quad (\text{Smith}, 2005) \\ &= \frac{1}{1,565 \text{ g/mL}} \\ &= 0,6388 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 638,8 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Mass rate bahan = 8025,998 kg/jam

Volume tangki

$$\begin{aligned}\text{Laju alir volumetrik} &= \frac{8026,998 \text{ Kg/jam}}{638,8 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 12,564 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Kapasitas tangki direncanakan untuk waktu tinggal selama 1 jam, sehingga:

Volume bahan = 12,564 m³

Jumlah tangki adalah 1 buah maka

Bentuk Tangki

Silinder tegak dengan tutup Torispherical

Asumsi : Volume bahan mengisi 80% volume tangki total

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{100\%}{80\%} \times 12,564 \text{ m}^3 \\ &= 16 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki

Menentukan diameter tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5 \quad (\text{Ulrich, 1984, p.249, Table 4-27})$$

diambil H/D =

Keterangan =

H = Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi :

$$H = 2D$$

Volume Shell (V_s)

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s \quad (\text{Perry, 1997, p.140, Table 10-65})$$

$$\begin{aligned}V_s &= (\pi/4) \times D \times 2D^3 \\ &= 1,570 D^3\end{aligned}$$

Volume tutup bawah (*Standart dishead head*)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3 \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Equation 5.11, p. 88})$$

Volume tutup atas (*Standart dishead head*)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3 \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 88, Equation 5.11})$$

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}}$$

$$15,706 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{15,706}{1,570}}$$

$$= 2,154 \text{ m}$$

$$= 2,154 \text{ m} \times 39,37 \text{ in} = 84,83 \text{ in}$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 2 \times 2,154 \text{ m}$$

$$= 4,309 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Bahan (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f \quad (\text{Perry 7}^{\text{ed}}, 1997, \text{Table 10-65, p.140})$$

$$12,564 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times (2,154 \text{ m})^2 \times H_f$$

$$12,564 \text{ m}^3 = 0,785 \times 4,643 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$\text{Tinggi Bahan, } H_f = \frac{12,564 \text{ m}^3}{0,785 \times 4,643 \text{ m}^2}$$

$$= 3,447 \text{ m}$$

$$= 3,447 \times 3,280 \text{ ft} = 11,311 \text{ ft}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}} + P_o$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times g \times H_{\text{bahan}}$$

Keterangan : ρ = Densitas (Kg/m^3)

H = Tinggi cairan (m)

g = $9,8 \text{ m/s}^2$

P_o = 14

$$\begin{aligned}
P_{\text{Hidrostatik}} &= 638,764 \text{ Kg/m}^3 \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times 3,44 \text{ m} \\
&= 21.534,01 \text{ Kg.m/s}^2 \\
&= 21.534,01 \text{ pa} \\
&= 3,123 \text{ psi}
\end{aligned}$$

P_{design} diambil 10% lebih besar dari $P_{\text{Hidrostatik}}$ demi faktor keamanan.

$$\begin{aligned}
P_{\text{Design}} &= 1,1 \times (P_{\text{hidrostatik}} + P_o) \\
&= 1,1 \times (3,132 \text{ psi} + 14,7 \text{ psi}) \\
&= 19,616 \text{ psi} \quad (1,33 \text{ atm})
\end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka $f = 12650 \text{ psi}$ (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

$$r_i = 0,5 \times 84,829 \text{ in} = 42,414 \text{ in}$$

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254})$$

$$= \frac{3,446 \times 42,415}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 19,62)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,1207 \text{ in}$$

$$= 1/5 \text{ in}$$

Maka, tebal shell yang dipilih adalah = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90)

tebal shell (t_s) = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90, eq 5.7)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\ &= 84,83 + 2(3/16) = 85,20 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 90 in = 2,159 m (Brownell & Young, 1959, p. 90, eq 5.7)

Diameter dalam standar (ID_{standar})

$$\begin{aligned} \text{ID}_{\text{standar}} &= \text{OD}_{\text{standar}} - (2 \times t_{\text{min}}) \\ &= 90 \text{ in} - (2 \times 0,1207 \text{ in}) \\ &= 137,13 \text{ in} = 3,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Tebal Tutup Atas dan Alas (Torispherical dishead head)

Berdasarkan Brownell Tabel 5.7 diperoleh :

$$r_c = 90 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 90, Table 5.7})$$

$$i_{cr} = 5 \frac{1}{2} \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 90, Table 5.7})$$

6,71% > karena perbandingan i_{cr} dengan r_c lebih dari 6% maka

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Brownell \& Young 1959, p. 138, Eq. 7.77})$$

dimana,

$$\begin{aligned} W &= \left(\frac{1}{4} \left(3 + \frac{r_c}{i_{cr}} \right) 0,5 \right) \quad (\text{Brownell \& Young 1959, p. 138, Eq. 7.76}) \\ &= \left(\frac{1}{4} \left(3 + \frac{90}{3\frac{5}{8}} \right) 0,5 \right) \\ &= 1,71 \end{aligned}$$

Sehingga tebal tutup :

$$\begin{aligned} t_h &= \left(\frac{19,616 \times 90 \times 1,76}{(2 \times 126500 \times 1) - (0,2 \times 19,616)} \right) + \left(\frac{1}{8} \right) \\ &= 0,285 \text{ in} \end{aligned}$$

$$t_h = 2/7 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup standar adalah = 5/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90)

$$S_f = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$$

(Brownell & Young, p.88, Table 5.6)

$$t = 5/16 \text{ in}$$

Menghitung tinggi tutup (OA)

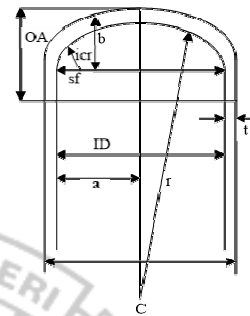
(Brownell & Young, p.87, Equation 5.7)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} D_i - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0.5}$$



Detail ukuran Torispherical head :

t = tebal head (in)

icr = inside corner radius

sf = straight flange (in)

b = depht of dish (in)

OA = overall dimension (in)

$$\text{Maka } BC = 90 \text{ in} - 5 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$= 84,500 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} \times 84,83 \text{ in} - 5 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$= 36,92 \text{ in}$$

$$b = 90 \text{ in} - (84,83^2 - 36,92^2)^{0.5}$$

$$= 14 \text{ in}$$

Jadi tinggi tutup atas adalah = b + sf + t

$$= 14 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{5}{16} \text{ in}$$

$$= 15,802 \text{ in} = 0,401 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Tangki Total} &= H_s + H_{\text{tutup atas}} \\ &= 4,309 \text{ m} + 0,401 \text{ m} = 4,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan desain Jaket Pemanas

$$\text{Suhu umpan } (T_1) = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu produk } (T_2) = 75^\circ\text{C} = 167^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu steam masuk } (t_1) = 150^\circ\text{C} = 302^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu steam keluar } (t_2) = 100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_1 = (T_1) - (t_2) = 126^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = (T_2) - (t_1) = 135^\circ\text{F}$$

Neraca Energi

$$\rho_{\text{Steam}} = 62,4 \text{ lb/cuft} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q_{\text{Supply Steam}} = 36658005,69 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Kebutuhan Steam} = 13352,52 \text{ kg/jam}$$

LMTD

$$\Delta t_{\text{LMTD}} = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)} = 107,0^\circ\text{F} \quad (\text{Kern, 1983, p.159})$$

Temperatur kalorik

$$T_c = \frac{(86 + 212)}{2} = 149^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{(302 + 212)}{2} = 257^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Keb Steam}}{\rho_{\text{Steam}}} \\ &= \frac{13352,52 \text{ Kg/jam}}{1000 \text{ Kg/m}^3} = 0,5176 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menentukan tebal jaket

t_{jaket} = Tebal jaket minimum (in)

P = Tekanan tangki (psi)

r_i = Jari-jari tangki (in)

C = Faktor korosi (in)

E = Faktor pengelasan

f = Stress allowable bahan konstruksi

P = 19,616 psi

r_i = $\frac{1}{2} \times \text{OD}$ in = 42,6026 in

f = 12650 psi Carbon Steel SA-283 Grade C

E = 0,8 (Brownell & Young, Table 13.2, p 254)

C = 1/8 in

Sehingga, tebal minimum shell dapat dicari :

$$t_{\text{Jaket}} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959,p. 254})$$

$$t_{\text{Jaket}} = \frac{19,616 \times 42,6026}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 19,616)} + 1/8$$

$$t_{\text{Jaket}} = 0,208 \text{ in}$$

digunakan $t = 1/4$ in

Menentukan Dimensi Jaket

Tinggi jaket (H_j) = 5% dari tinggi bahan dalam tangki

$$= (100\% + 5\%) \times 3,447 \text{ m} = 3,622 \text{ m}$$

Diameter dalam jaket (D_j) =

$$\text{Jarak jaket} = 5 \text{ in} = 0,127 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter jaket} &= \text{OD} + (2 \times \text{jarak jaket}) \\
 &= 2,159 \text{ m} + (2 \times 0,127 \text{ m}) \\
 &= 2,413 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Luas yang dilalui steam (A)

$$A \text{ tersedia} = \pi \cdot D_j \cdot H_j + \pi \frac{D_j^2}{4}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ tersedia} &= (3,14 \times 2,413 \text{ m} \times 3,447 \text{ m}) + \frac{3,14 \times (2,413^2)}{4} \\
 &= 30,760 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Kecepatan steam (v)

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\
 &= \frac{0,5176 \text{ m}^3/\text{jam}}{30,760 \text{ m}^2} \\
 &= 0,0168 \frac{\text{m}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

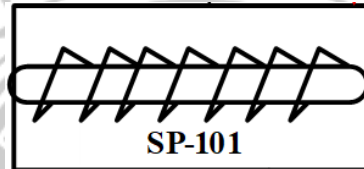
Spesifikasi Tangki Perebusan (T-101)

Nama	= Tangki perebusan
Fungsi	= untuk merebus biji jagung
Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical
Volume	= 16 m ³
Diameter	= 2,159 m = 84,83 in
Tinggi	= 4,70 m
Tebal Shell	= 1/5 in
Tebal Tutup	= 5/16 in
Tinggi Tutup	= 0,401 m
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA-283 C
Jumlah	= 1 buah

Sistem Pemanas

Diameter jaket	= 2,413 m
Tinggi jaket	= 3,622 m
Tebal jaket	= 1/4 in
Luas dilalui steam	= 30,760 m ²
Kecepatan steam	= 0,0168 $\frac{m}{jam}$

C.3 Screw Press



Kode	= SP-101
Fungsi	= Mengepress minyak yang terkandung dalam biji jagung
Tipe	= <i>twin screw press</i>
Tekanan	= 1 atm

Tabel C.3.1 Komposisi komponen

Komposisi	Massa (kg/jam)	Fraksi	Densitas (g/mL)
Air	8025,9987	0,52770	1,00
Abu	136,4420	0,00897	1,50
Protein	826,6779	0,05435	0,89
Serat Kasar	176,5720	0,01161	0,80
Minyak Jagung	401,2999	0,02639	1,80
Karbohidrat	5642,2771	0,37098	0,55
Total	15209,2675	1	

Sumber : Choi & Oleos, 1986

Perhitungan

$$\text{Densitas campuran} = \frac{1}{\sum \text{Fraksi berat} / \rho \text{ komponen}}$$

$$= 770,161 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Rate massa} = 15209,267 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Rotate volumetrik} = \frac{\text{Rate massa}}{\text{densitas}}$$

$$= \frac{15209,267 \text{ kg/jam}}{70,161 \text{ Kg/m}^3}$$

Dari Wallas p. 79, berdasarkan data desain alat Screw Press, maka didapatkan data-data spesifikasi alat Screw Press sebagai berikut :

Karakteristik Material

$$\text{Klasifikasi material} = \text{II}$$

$$\text{Faktor F} = 1 \quad (\text{Wallas, T.5-4b})$$

Dimensi Screw Press

Berdasarkan tabel 5.4a dengan rate volumetrik sebesar 697,52 cuft/jam

Didapatkan :

$$\text{Diameter screw press} = 9 \text{ in}$$

$$\text{Ukuran feed max} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Kecepatan putaran} = 125 \text{ rpm} \approx 20 \text{ rpm}$$

$$\text{Tipe Hanger Bearing} = \text{Self-lubricating bronze}$$

$$\eta = 0,80 \quad (\text{Peter \& Timerhaus, p. 521})$$

$$\text{Bearing faktor, s} = 96$$

Power Motor

$$\text{Power motor} = \left(\frac{100(s(N+Fm))}{1000000} \right)$$

$$\text{Power motor} = \frac{96 \times 20 + 0,80 \times 33539,43 \times 100}{1000000} = \frac{2874914,779}{1000000}$$

Power motor = 2,874 Hp

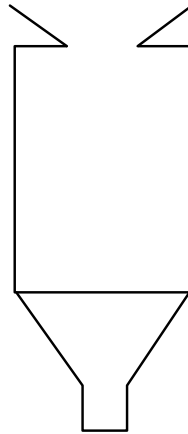
Efisiensi = 80%

Power total = $\frac{1,25 P_m}{\eta}$

$\approx 4 \text{ Hp}$

Spesifikasi Screw press (SP-101)	
Fungsi	= Mengepress minyak yang terkandung dalam biji jagung
Tipe	= Twin Screw
Bahan Konstruksi	= Stainless Steel MS-41FK
Kondisi Operasi	= 1 atm
Kapasitas masuk	= 15209,267 kg/jam
Panjang conveyor	= 15 m
Diameter screw	= 9 in = 2,74 m
Diameter kopling	= 1,5 in
Ukuran feed max	= 1,5 in
Kecepatan putaran	= 20 rpm
Power	= 4 Hp = 3,35 kWh

C.4 Centrifuge



Kode = C-101

Fungsi = Memisahkan minyak jagung dengan zat pengotor

Komposisi	Fraksi	Massa (kg/jam)	Densitas (g/mL)
Air	0,5776	561,8199	1,00
Abu	0,0098	9,5509	1,50
Trigliserida	0,3928	382,0375	0,95
FFA	0,0103	10,0325	0,85
Folifosfid	0,0041	4,0130	1,10
Fitosterol	0,0050	4,8156	0,97
Tokoferol	0,0004	0,4013	0,940
Total	1,0000	972,6708	

Tabel C.4.1 Komposisi komponen

*Sumber : Choi & Oleos 1986

$$\text{Densitas campuran} = \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \quad (\text{Smith,2005})$$

$$= 981,291 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Rate massa} = 972,970 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{rate massa}}{\rho \text{ campuran}} \\ &= \frac{972,970 \text{ kg/jam}}{981,291 \text{ Kg/m}^3} = 0,991 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Dengan Faktor keamanan 20% maka

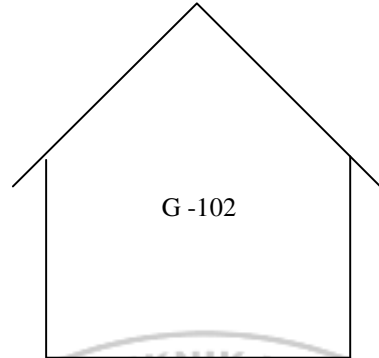
$$\begin{aligned}\text{Laju alir umpan in} &= 0,991 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,2 \\ &= 1,189,2 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 1000 = 1.189,2 \frac{\text{L}}{\text{jam}} \\ &= \frac{1.189,2 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}{60} = 19,82 \frac{\text{L}}{\text{menit}} \times 0,264 \text{ gallon} \\ &= 5,24 \text{ gallon/min}\end{aligned}$$

Penentuan dari tipe centrifuge ditinjau dari laju volumetrik cairan yang diperoleh yaitu 5,14 gal/min. Data laju volumetrik cairan lalu disesuaikan dengan data Tabel 18-12 Perry 7^{ed}. Dimana diperoleh tipe Disk Bowl dengan diameter 7 in, kecepatan putaran 12000 r/min, tenaga motor 0,3 hp dan kapasitas 0,1-10 gallon/menit.

Spesifikasi Centrifuge (CE-101)

Kode	= CE-101
Tipe	= Disk Bowl
Jumlah	= 1 unit
Kapasitas	= 0,1-10 gallon/menit
Diameter bowl	= 7 inch
Kecepatan putaran	= 12000 rpm
Tenaga motor	= 0,3 hp
Gaya sentrifugal maks. × gravitasi	: 14300
Sumber	: Indonesian.separator-centrifuge.com

C.5 Gudang Penyimpanan Bleaching Earth (BE)



Kode	= G-102	
Fungsi	= Sebagai tempat penyimpanan bleaching earth	
Jumlah	= 1 unit	
Kondisi operasi		
Temperature	= 30° C	
Tekanan	= 1 atm	
Waktu penyimpanan	= 760 hari	(Kilcast,2002)
Faktor kelonggaran	= 20%	(Perry,1999)
Laju alir massa	= 4,574 Kg/Jam	
Densitas bleach earth	= 1970 Kg/m ³	(Lewis, 1990)

1. Menghitung Volume Gudang

$$\begin{aligned}\text{Laju alir Volume} &= \frac{\text{laju alir massa}}{\text{densitas bleach earth}} \\ &= \frac{(4,574 \frac{\text{kg}}{\text{jam}})}{1970 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 0,002 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Volume total BE} = \frac{\text{massa}}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam/hari} \times \text{waktu tinggal}$$

$$= \frac{0,002 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam/hari} \times 730 \text{ hari}$$

$$= 40,68 \text{ m}^3$$

Direncanakan terdiri atas 2 ruang yang digunakan sehingga volume tiap ruang biji jagung berdasarkan faktor kelonggaran 20% yaitu :

$$\text{Volume tiap ruang} = \frac{40,68 \text{ m}^3}{2}$$

$$= 20,342 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume gudang} = (1+0,2) \times 20,342 \text{ m}^3$$

$$= 24,41 \text{ m}^3$$

2. Menghitung Dimensi Gudang

Perbandingan panjang dan lebar gudang (Salvendy, 2001)

$$\text{Tinggi} = 1/3 P$$

$$\text{Lebar} = 2/3 P$$

Sehingga :

$$V = P \times L \times T$$

$$24,41 \text{ m}^3 = P \times 2/3P \times 1/3P$$

$$24,41 \text{ m}^3 = 2/9 P^3$$

$$P = 3 \sqrt{\frac{24,41}{0,222}}$$

$$P = 4,791 \text{ m}$$

$$L = 2/3 \times 4,791 \text{ m} = 3,194 \text{ m}$$

$$T = 1/3 \times 4,791 \text{ m} = 1,597 \text{ m}$$

Spesifikasi Gudang Penyimpanan Bleaching Earth (G-102)

Tekanan	=	1 atm
Suhu	=	30° C
Jumlah	=	1 unit
Panjang bangunan	=	5 m
Lebar bangunan	=	3 m
Tinggi bangunan	=	2 m

C.6 Tangki Bleaching

Fungsi	: Tempat proses bleaching
Bentuk	: Silinder tegak dengan bagian tutup atas standart dishead head dan tutup bagian bawah. Dilengkapi pengaduk
Bahan konstruksi	: Carbon Steel Steel SA- 2 grade B
Jumlah	: 1 unit
Tekanan operasi	: 1 atm
Suhu operasi	: 100 °C
Pengelasan	: Double welded butt joint
Faktor korosi	: 1/8 in (Peters & Timmerhaus, 1991. p. 542)
Perhitungan:	

Tabel C.6.1 Komposisi komponen

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	ρ (g/mL)
Air	56,1820	0,122	1,00
Trigleserida	382,0380	0,827	0,95
FFA	10,0320	0,022	0,85
Fokifosfid	4,0130	0,009	1,10

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	ρ (g/mL)
Fitosterol	4,8160	0,010	0,97
Tokoferol	0,4010	0,001	0,94
Bleaching Earth	4,5750	0,010	0,81
Total	462,0570	1	

*Sumber : Choi & Oleos, 1986

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \quad (\text{Smith, 2005})$$

$$= \frac{1}{1,8569 \text{ g/mL}}$$

$$= 953,057 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mass rate bahan} = 462,057 \text{ kg/jam}$$

Volume tangki

$$\text{Laju alir volumetrik} = \frac{462 \text{ kg/jam}}{953,057 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 0,484 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kapasitas tangki direncanakan untuk waktu tinggal selama 1 jam, sehingga:

$$\text{Volume bahan} = 0,484 \text{ m}^3$$

Bentuk Tangki

Silinder tegak dengan tutup Torispherical

Asumsi : Volume bahan mengisi 80% volume tangki total

$$\text{Volume tangki} = \frac{100\%}{80\%} \times 0,484 \text{ m}^3$$

$$= 0,606 \text{ m}^3$$

Menentukan Dimensi Tangki

Menentukan diameter tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5 \quad (\text{Ulrich, 1984, p.249, Table 4-27})$$

diambil $H/D =$

Keterangan =

H = Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi :

$$H = 2D$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Volume Shell

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s \quad (\text{Perry, 1997, p.140, Table 10-65})$$

$$\begin{aligned} V_s &= (\pi/4) \times D \times 2D^3 \\ &= 1,570 D^3 \end{aligned}$$

Volume tutup bawah (*Standart dishead head*)

$$V_{\text{tutup bawah}} = 0.000049D^3 \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Equation 5.11, p. 88})$$

Volume tutup atas (*Standart dishead head*)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3 \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Equation 5.11, p. 88})$$

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}} + V_{\text{tutup bawah}}$$

$$0,606 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$= 1,570 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,606}{1,570}}$$

$$= 0,728 \text{ m} = 28,67$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 1,46 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Bahan (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$0,606 = \frac{\pi}{4} \times 0,728^2 \times H_f$$

$$0,606 = 0,785 \times 0,728 \times H_f$$

$$\text{Tinggi Bahan, } H_f = 1,165 \text{ m}$$

$$= 45,866 \text{ in}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}} + P_o$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times g \times H_{\text{bahan}}$$

Keterangan : ρ = Densitas (Kg/m^3)

$$H = \text{Tinggi cairan (m)}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_o = 14$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 953,057 \text{ Kg/m}^3 \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times 1,165 \text{ m}$$

$$= 10881,248 \text{ Kg.m/s}^2$$

$$= 10881,248 \text{ pa} = 1,578 \text{ psi}$$

P_{design} diambil 10% lebih besar dari $P_{\text{Hidrostatik}}$ demi faktor keamanan.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Design}} &= 1,1 \times (P_{\text{hidrostatik}} + P_o) \\
 &= 1,1 \times (1,578 \text{ psi} + 14,7 \text{ psi}) \\
 &= 17,906 \text{ psi. (1,2 atm)}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka f = 12650 psi (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

$$r_i = 0,5 \times 54,535 \text{ in} = 28,665 \text{ in} = 14,332 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{min}} &= \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \\
 &= \frac{17,906 \text{ psi} \times 14,332 \text{ in}}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 17,906)} + \frac{1}{8} \\
 &= 0,1504 \text{ in} \\
 &= 1/7 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Maka, tebal shell yang di pilih adalah = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90)

tebal shell (ts) = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, eq 5.7, p. 89)

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\
 &= 28,67 + 2 (3/16) \\
 &= 29,667 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 30 in = 0,76 m (Brownell & Young, 1959, p. 89, eq 5.7)

Diameter dalam standar (ID_{standar})

$$\begin{aligned}
 ID_{\text{standar}} &= OD_{\text{standar}} - (2 \times t_{\text{min}}) \\
 &= 30 \text{ in} - (2 \times 0,1504 \text{ in}) \\
 &= 29,699 \text{ in} \times 0,025 \text{ m/in} = 0,7544 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tebal Tutup Atas dan Alas (Torispherical dishead head)

Berdasarkan Brownell Tabel 5.7 diperoleh :

$$r_c = 30 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 89, Table 5.7})$$

$$i_{cr} = 1 \frac{7}{8} \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 89, Table 5.7})$$

6,25% > karena perbandingan i_{cr} dengan r_c lebih dari 6% maka

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Brownell \& Young 1959, p. 138, Eq. 7.77})$$

dimana,

$$W = \left(\frac{1}{4} \left(3 + \frac{r_c}{i_{cr}} \right) 0,5 \right) \quad (\text{Brownell \& Young 1959, p. 138, Eq. 7.76})$$

$$= \left(\frac{1}{4} \left(3 + \frac{30}{1 \frac{7}{8}} \right) 0,5 \right)$$

$$= 1,75$$

Sehingga tebal tutup :

$$t_h = \left(\frac{17,9 \times 30 \times 1,75}{(2 \times 126500 \times 0,8) - (0,2 \times 17,9)} \right) + \left(\frac{1}{8} \right)$$

$$= 0,171 \text{ in}$$

$$t_h = 1/6 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup standar adalah = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90)

$$S_f = 1 \frac{1}{2} \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, p.88, Table 5.6})$$

$$t = 3/16 \text{ in}$$

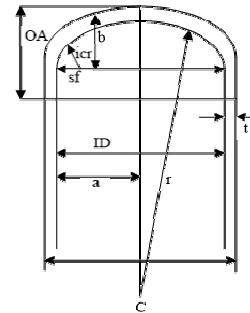
Menghitung tinggi tutup (OA) (Brownell & Young, Eq 5.7 p.87)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} D_i - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$



Detail ukuran Torispherical head :

t = tebal head (in)

icr = inside corner radius

sf = straight flange (in)

b = depht of dish (in)

OA = overall dimension (in)

$$\begin{aligned} \text{Maka } BC &= 30 \text{ in} - 1 \frac{7}{8} \text{ in} \\ &= 28,125 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= \frac{1}{2} \times 28,67 \text{ in} - 1 \frac{7}{8} \text{ in} \\ &= 12,45 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 30 \text{ in} - (28,123^2 - 12,458^2)^{0,5} \\ &= 4,78 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi tinggi tutup = b + sf + t

$$= 4,78 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$= 6,471 \text{ in}$$

$$= 0,164 \text{ m}$$

Tinggi Tangki Total = Hs + H tutup atas dan bawah

$$= 1,456 \text{ m} + 0,164 + 0,164 \text{ m} = \text{ m}$$

Perhitungan Pengaduk

Jumlah impeller antara 4-16, tetapi umumnya 6 atau 8 (Mc.Cabbe 5^{ed} p: 243)

Dipilih pengaduk type flat blade turbine dengan jumlah blade 6

Penentuan Dimensi Pengaduk

Tinggi bahan total, $H_L = 3$ ft

Diameter dalam tangki, $D_t = 4,545$ ft

Ukuran pengaduk Mc. Cabe ed 5th, p 243 :

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{H}{D_t} = 1$$

$$D_a = 0,3 D_t = 0,3 \times 4,545 \text{ ft} = 1,515 \text{ ft}$$

$$W = 1/5 D_a = 1/5 \times (1,515 \text{ ft}) = 0,303 \text{ ft} = 0,0924 \text{ m}$$

$$E = 1/3 D_t = 1/3 \times 4,545 \text{ ft} = 2,66 \text{ ft} = 0,8104 \text{ m}$$

$$L = 1/4 D_a = 1/4 \times (1,515 \text{ ft}) = 0,378 \text{ ft} = 0,1152 \text{ m}$$

$$J = 1/12 D_t = 1/12 \times 4,545 \text{ ft} = 0,378 \text{ ft} = 0,1152 \text{ m}$$

$$H = D_t = 1 \times 4,545 \text{ ft} = 4,545 \text{ ft} = 1,3856 \text{ m}$$

Keterangan :

D_a = Diameter Impeller

D_t = Diameter tangki

W = Lebar blade

E = Jarak agitator dari dasar tangki

L = Panjang daun blade

J = Lebar baffle

Penentuan Jumlah Pengaduk

$$Sg = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference } H_2O}$$

$$= \frac{0,864 \frac{lb}{cuft}}{62,43 \frac{lb}{cuft}}$$

$$= 0,01$$

$$WELH = H_L \times sg \quad (\text{Rase, 1977})$$

$$= 3 \text{ ft} \times 0,05$$

$$= 0,15$$

Kecepatan putaran pengaduk (N)

$$N = \sqrt{\frac{WELH}{2 \times 4,54}}$$

$$= 2 \text{ rps}$$

Jumlah impeller

$$= \frac{\text{tinggi larutan}}{\text{tinggi tangki}}$$

$$= \frac{3,3}{4,54}$$

$$= 1 \text{ unit}$$

(Joshi, p. 389)

Perhitungan bilangan reynold

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{(\rho \times (D_a)^2 \times N)}{\mu} \\ &= \frac{(0,864 \text{ lb/cuft} \times (1,51)^2 \text{ ft} \times 2 \text{ rps})}{0,101 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{detik}}} \\ &= 6585,691 \end{aligned} \quad (\text{Perry 1997, p.18})$$

$N_{Re} < 10000$ maka tidak diperlukan baffle

Dari Gambar 3.4 - 4 P 145 (Geankoplis, 1993) untuk nilai N_{Re} di atas diperoleh nilai $N_p = 1,2$ untuk pengaduk pitched-blade 45° turbine.

$$\begin{aligned} P &= \left(\frac{K_3}{g}\right) \times \rho \times N^3 \times D_a^5 \\ &= \left(\frac{6,3}{32,2 \text{ lb/dt}^2}\right) \times (94 \text{ lb/cuft}) \times (8)^3 \times (2,66)^5 \\ &= 198,471 \text{ lb.ft/detik} \\ &= 0,36 \text{ hp} \end{aligned}$$

Perhitungan desain Jacket Pemanas

$$\text{Suhu umpan } (T_1) = 100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu produk } (T_2) = 110^\circ\text{C} = 230^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu steam masuk } (t_1) = 150^\circ\text{C} = 302^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu steam keluar } (t_2) = 110^\circ\text{C} = 230^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_1 = (T_1) - (t_2) = 18^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = (T_2) - (t_1) = 72^\circ\text{F}$$

Neraca Energi

$$\rho \text{ Steam} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q \text{ Supply Steam} = 130631,62 \text{ kJ/jam}$$

$$= 123821,44 \text{ btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan Steam} = 47,58 \text{ kg/jam}$$

$$= 104,92 \text{ lb/jam}$$

LMTD

$$\Delta t_{\text{LMTD}} = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)} = 39,0 \text{ }^\circ\text{F} \quad (\text{Kern, 1983, p.159})$$

Temperatur kalorik

$$T_c = \frac{(212 + 230)}{2} = 221 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{302 + 230}{2} = 266 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Keb Steam}}{\rho_{\text{Steam}}} \\ &= \frac{47,582 \text{ kg/jam}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,047 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menentukan tebal jaket

$$t_{\text{jaket}} = \text{Tebal jaket minimum (in)}$$

$$P = \text{Tekanan tangki (psi)}$$

$$r_i = \text{Jari-jari tangki (in)}$$

$$C = \text{Faktor korosi (in)}$$

$$E = \text{Faktor pengelasan}$$

$$f = \text{Stress allowable bahan konstruksi}$$

$$P = 19,616 \text{ psi}$$

$$r_i = \frac{1}{2} \times \text{OD} = 0,202 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 f &= 12650 \text{ psi} && \text{Carbon Steel SA-283 Grade C} \\
 E &= 0,8 && (\text{Brownell \& Young, Table 13.2, p 254}) \\
 C &= 1/8 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sehingga, tebal jaket dapat dicari :

$$t_{\text{Jaket}} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254})$$

$$t_{\text{Jaket}} = \frac{1,66 \times 0,202}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 1,66)} + 1/8$$

$$t_{\text{Jaket}} = 0,125 \text{ in}$$

digunakan $t = 3/16 \text{ in}$

Menentukan Dimensi Jaket

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi jaket (Hj)} &= 5\% \text{ dari tinggi bahan dalam tangki} \\
 &= (100\% + 5\%) \times 1,165 \text{ m} = 1,223 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diameter dalam jaket (Dj) =

$$\text{Jarak jaket} = 5 \text{ in} = 0,127 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter jaket} &= \text{OD} + (2 \times \text{jarak jaket}) \\
 &= 30 \text{ m} + (2 \times 0,127 \text{ m}) \\
 &= 0,762 \text{ m} + 0,254 \text{ m} = 1,016 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Luas yang dilalui steam (A)

$$A \text{ tersedia} = \pi \cdot Dj \cdot Hj + \pi \frac{Dj^2}{4}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ tersedia} &= (3,14 \times 1,016 \text{ m} \times 1,223 \text{ m} + \frac{3,14 \times (1,016^2)}{4}) \\
 &= 4,710 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Kecepatan steam (v)

$$V = \frac{\text{Rate Volume}}{A}$$

$$= \frac{0,047 \text{ m}^3/\text{jam}}{4,710 \text{ m}^2}$$

$$= 0,098 \frac{\text{m}}{\text{jam}}$$

Spesifikasi Tangki Bleaching (T-102)

Nama	= Tangki Bleaching
Fungsi	= Tempat proses bleaching dengan bleaching earth
Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dishead dan tutup bagian bawah dilengkapi pengaduk
Volume	= 0,606 m ³
Diameter	= 0,728 m
Tinggi	= 1,46 m
Tebal Shell	= 3/16 in
Tebal Tutup bawah	= 3/16 in
Tinggi Tutup atas	= 0,16 m
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA-283 C
Jumlah	= 1 buah
Sistem Pemanas	
Diameter jaket	= 1,016 m
Tinggi jaket	= 1,223 m
Kecepatan steam	= 0,098 m/jam
Tebal jaket	= 3/16 in
Jenis pengaduk	= type flat blade turbine dengan jumlah blade 6
Diameter impeller	= 0,462 m
Lebar blade	= 0,924 m
Panjang blade	= 0,115 m
Jarak dari dasar	= 0,810 m

Power	= 0,36 hp
-------	-----------

C.7 Leaf Filter Press

Fungsi : Memisahkan bleaching earth dan Kotoran hasil proses bleaching

Tipe : Leaf Filter Press

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Suhu 95 °C
- Tekanan 1 atm

Tabel C.7.1 Komposisi Komponen Aliran Masuk

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ^* (gr/ml)
Air	12,1591%	56,1820	0,1216	1,00	1,00
Trigliserida	82,6820%	382,0375	0,8268	0,95	0,95
FFA	2,1713%	10,0325	0,0217	0,85	0,85
Folifosfid	0,8685%	4,0130	0,0087	1,10	1,10
Fitosterol	1,0422%	4,8156	0,0104	0,97	0,97
Tokoferol	0,0869%	0,4013	0,0009	0,94	0,94
Bleaching Earth	0,9901%	4,5748	0,0099	0,81	0,81
Total	100%	462,0567	1		

*Sumber : Choi & Oleos, 1986

Tabel C.7.2 Komposisi Komponen arus 11

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (gr/ml)
Air	1,0174%	3,9327	0,0102	1,00	1,00
Trigliserida	98,6338%	381,2735	0,9863	0,95	0,95

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (gr/ml)
FFA	0,1817%	0,7023	0,0018168	0,85	0,85
Folifosfid	0,07267%	0,2809	0,0007267	1,10	1,10
Fitosterol	0,0872%	0,3371	0,000872	0,97	0,97
Tokoferol	0,0073%	0,0281	0,0001	0,94	0,94
Total	100%	386,5546	1		

Tabel C.7.3 Komposisi Arus 10

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (gr/ml)
Air	69,2023%	52,2493	0,6920	1,00	1,00
Trigliserida	1,0120%	0,7641	0,0101	0,85	0,95
FFA	12,3576%	9,3302	0,1236	1,10	0,85
Folifosfid	4,9430%	3,7321	0,0494	0,97	1,10
Fitosterol	5,9316%	4,4785	0,0593	0,94	0,97
Tokoferol	0,4943%	0,3732	0,0049	0,81	0,94
Bleaching Earth	6,0592%	4,5748	0,0606	0,00	0,81
Total	100%	75,5022	1,0000		

$$\text{Densitas campuran} = \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4280$$

$$= 0,0153 \text{ lb/cuft}$$

$$= 0,2445 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rate massa masuk} = 462,057 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Rate filtrat keluar} = 386,555 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ campuran filtrat} = \frac{1}{\sum \frac{\text{fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,43$$

$$\rho \text{ campuran filtrat} = 2,459 \text{ lb/cuft} = 39,3834 \text{ kg/m}^3$$

Massa filtrat per siklus = 386,555 kg

$$\begin{aligned}\text{Volume campuran filtrat} &= \frac{\text{massa campuran filtrat}}{\rho \text{ campuran filtrat}} \\ &= \frac{386,555}{39,3834} = 9,82 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\rho \text{ solid pada cake} = \frac{1}{\sum \frac{\text{fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,43$$

$$\rho \text{ solid pada cake} = 12,8065 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume cake} &= \frac{\text{massa komponen cake}}{\rho \text{ komponen cake}} \\ &= 5,8956 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari Engineering tool box didapatkan sg reference = 0,983

Dari Kern figure 14 ; page 823 didapat μ reference = 0,89 cP

$$\begin{aligned}\text{Sg larutan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \\ &= \frac{0,02 \text{ lb/cuft}}{61,494 \text{ lb/cuft}} \\ &= 0,0002\end{aligned}$$

$$\mu \text{ larutan} = \frac{\text{sg larutan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{0,0002}{0,983} \times 0,89$$

$$= 0,0002 \text{ cP (gr/cm.detik)}$$

$$= 0,0005 \text{ lb/ft.jam}$$

$$= 0,00000 \text{ lb/ft.detik}$$

$$\text{Sg filtrat} = \frac{\rho \text{ filtrat}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}}$$

$$= \frac{2,4586 \text{ lb/cuft}}{61,4936 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 0,0400$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{filtrat}} &= \frac{sg_{\text{filtrat}}}{sg_{\text{reference}}} \times \mu_{\text{reference}} \\ &= \frac{0,0400}{0,983} \times 0,89 \\ &= 0,0362 \text{ cP} \quad (\text{hr/cm.detik}) = 0,0876 \text{ lb/ft.jam}\end{aligned}$$

$$\text{Luas filter (A)} = 15 \text{ m}^2$$

Menentukan waktu operasi dalam satu siklus

Filter press beroperasi secara batch pada tekanan konstan

$$\text{Waktu filtrasi (t}_f\text{)} = (K_p/2) V^2 + BV \quad (\text{Geankoplis, Eq. 14-2-17})$$

Mencai harga K_p

$$K_p = \frac{\mu a c_s}{A^2 (-\Delta P)} \quad (\text{Geankoplis, Eq. 14-2-14})$$

Diambil :

$$-\Delta P = 344739 \text{ N/m}^2 \quad (\text{menurut Hugot, 40-50 psi})$$

$$\mu = 0,22477 \text{ kg/m.detik}$$

Menentukan konstanta permeabilitas (K)

$$K = \frac{g_c D_p^2 F_{Re}}{32 F_f} \quad (\text{Brown, p 242})$$

$$K = \text{permeabilitas (m}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{densitas filtrat (kg/m}^3\text{)}$$

$$D_p = \text{diameter partakel}$$

$$= 0,217 \text{ in} \quad (\text{Brown, p 214})$$

$$= 0,0181 \text{ ft}$$

$$y = \text{sphericity} = (\text{Asumsi karena cake mengandung bahan yang fine})$$

$$F_{Re} = \text{Reynold Number Factor}$$

$$F_f = \text{Friction factor}$$

Dari fig, 219 Brown untuk X = 0,42

Dan y = 1 didapat F_{Re} = 42

Dari Fig. 220 Brown untuk X = 0,42

dan y = 1 didapat F_r = 1100

Sehingga :

$$K = \frac{32,174 \times 0,003 \times 42}{32 \times 1100}$$

$$= 0,0000126 \text{ m}^2$$

ρ_s = 12,81 kg/m³ (Densitas Solid pada cake)

S_o = Spesifiv Surface area

= menurut hasil SEM tepung tapioca memiliki ukuran $\pm 20 \mu\text{m}$

$$= 0,0002 \text{ m}$$

$$= 0,0000004 \text{ m}^2$$

Diperoleh :

$$\alpha = \frac{1}{0,00001 \times 12,807 \times (0,58)} \alpha = \frac{1}{K \cdot \rho_s \cdot (1-X)}$$

$$= 10724 \text{ m/kg pers. 14.2-6 brown p 808}$$

$$C_s = \frac{\rho \times c_x}{1 - m c_x}$$

$$= \frac{12,8065 \times 0,38}{1 - 2,1600 \times 0,38}$$

$$= 27,16 \text{ kg/m}^3$$

$$K_p = \frac{0,22477 \times 10724 \times 27,2}{225 \times 344738}$$

$$= 0,00084396 \text{ s/m}^6$$

Mencari harga B :

$$B = \frac{\mu R m}{A (-\Delta P)}$$

$$= \frac{0,22477 \times 10000000000}{15 \times 344738}$$

$$= 434,675 \text{ s/m}^3$$

Mencari waktu filtrasi :

$$T_f = (Kp/2) V^2 + BV$$

$$= 256 \text{ detik}$$

$$= 4,271 \text{ menit}$$

$$= 0,071 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu pengisian dan pengosongan (tp)} = 1 \text{ jam} \quad (\text{Hugot})$$

$$\text{Waktu pencucian (tw)} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu total per siklus} = tp + tw + tf = 2,1 \text{ jam}$$

Waktu total filtrasi hasil perhitungan telah memenuhi, trial luas filter A sudah benar

$$A = 23328 \text{ in}^2$$

$$= 15 \text{ m}^2$$

Dari Hugot p 469, diambil :

$$\text{Ukuran frame} = 36 \times 36 \text{ in}$$

$$\text{Luas frame} = 1296 \text{ in}^2 = 0,84 \text{ m}^2 = 9 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume tiap frame} = \text{luas} \times \text{tebal}$$

Type Plate n frame with double frame (Foust, p 671)

Tebal frame berkisar antara 0,125 – 8 in. diambil tebal frame 1,25 in

$$\text{Volume tiap frame} = \frac{9 \text{ ft}^2}{2} \times \frac{1,25 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} \quad (\text{perry, ed. 6 p 19-75})$$

$$= 0,4687 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah frame} &= \frac{\text{luas filter}}{\text{luas frame}} \\ &= \frac{15}{0,83613} = 18,0 = 18 \text{ buah} \end{aligned}$$

Panjang alat berkisar = 1 – 20 m

$$\begin{aligned} \text{Jumlah plate n frame} &= \text{jumlah frame} \times 2 - 1 \\ &= 35 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang plate n frame total} &= 35 \times \frac{1,25 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} \\ &= 3,65 \text{ ft} = 1,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah frame} = 18 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah plate} = 35 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah cake per siklus} = 36,454 \text{ kg}$$

$$\rho \text{ cake} = 12,81 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume cake per siklus} = 2,8465 \text{ m}^3$$

$$\text{Tebal plate dan frame} = 1,25 \text{ in}$$

Kebutuhan air pencuci

$$\text{Kebutuhan air pencuci} = \text{kecepatan bahan yang disaring} \times t_w$$

$$\text{Kecepatan bahan yang disaring} = V \text{ filtrat} + V \text{ cake}$$

$$= 9,82 + 5,8956 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 15,71 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kebutuhan air pencuci} = 15,711 \text{ m}^3/\text{jam} = 15711 \text{ liter/jam}$$

Dimensi tangki

Volume tangki

$$\begin{aligned}\text{Laju alir volumetrik} &= \frac{462,1 \text{ kg/jam}}{39,3834 \text{ kg/m}^3} \\ &= 11,7 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,11509 \text{ ft}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\text{Volume bahan} = 11,732 \text{ m}^3$$

Jumlah tangki adalah 1 buah

$$\begin{aligned}\text{Maka volume tiap tangki} &= 11,7 \text{ m}^3 \\ &= 414,3 \text{ cuft}\end{aligned}$$

Bentuk tangki

Silinder tegak dengan tutup atas Torispherical dan tutup bawah berbentuk datar Asumsi : Volume bahan mengisi 80% volume tangki total

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{100\%}{80\%} \times V. \text{ bahan} \\ &= 14,665 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki

Menentukan diameter tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5 \quad (\text{Ulrich, 1984, p.249, Table 4-27) diambil}$$

$$H/D = 2$$

Keterangan : H = Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi : H = 2 D

A = 30°

Volume Shell

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s \quad (\text{Perry,1997, p.140, Table 10-65})$$

$$\begin{aligned} V_s &= (\pi/4) \times D \times 2D^3 \\ &= 1,570 D^3 \end{aligned}$$

Volume tutup atas (*Standart dishead head*)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3$$

(Brownell & Young, pers 5.11, p 88)

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}}$$

$$14,665 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$= 1,5700 D^3$$

$$D = 1,0530 \text{ m}$$

$$= 3,455 \text{ ft}$$

$$= 41,457 \text{ in}$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 2,1060 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Tangki Total} = H_s + H_{\text{tutup atas}}$$

$$= 2,106 + 0,1332$$

$$= 2,239 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Bahan (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$11,73 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times 1,11 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$11,73 \text{ m}^3 = 0,785 \times 1,11 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Bahan, } H_f &= 1,3479 \text{ m} \\ &= 4,4224 \text{ ft} \\ &= 53,0663 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = (P_i - P_o) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = (14,7 - 14,7) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times \left(\frac{g}{g_c}\right) \times H_{\text{liq}}$$

Dimana : ρ = Densitas (lb/cuft)

H = Tinggi cairan (ft)

g = 32,2 ft/det²

g_c = 32,2 ft/det² . lbm/lbf

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 0,0153 \times \left(\frac{32,2}{32,2}\right) \times 4,4224$$

$$= 0,0675 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 0,0005 \text{ psi}$$

P_{design} diambil 10% lebih besar dari $P_{\text{Hidrostatik}}$ demi faktor keamanan.

$$P_{\text{Design}} = 1,1 \times P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 1,1 \times 0,0005$$

$$= 0,001 \text{ psi}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka f = 12650 psi (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

$$r_i = 0,5 \times 41,4567 \text{ in} = 20,728 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \\ &= \frac{0,001 \times 20,7284}{(17500 \times 0,8) - (0,6 \times 0,001)} + 1/8 \\ &= 0,1250 \text{ in} = 1/8 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka, tebal shell yang di pilih adalah = 3/16 in

Tebal Tutup Atas (Torispherical dishead head)

tebal shell (ts) = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90, eq 5.7)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\ &= 41 + 2 (3/16) \\ &= 41,83 \text{ in} \\ &= 3,4860 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka dari Brownell Tabel 5.7 didapat :

$$r_c = 500 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young Tabel 5.7})$$

$$i_{cr} = 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

0,65% > karena perbandingan i_{cr} dengan r_c lebih dari 6% maka

$$t_h = \frac{P \times rc \times W}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.77})$$

dimana,

$$\begin{aligned} W &= \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{rc}{irc} \right) 0,5 \right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{500}{3 \frac{1}{4}} \right) 0,5 \right) \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.76}) \\ &= 3,85 \end{aligned}$$

sehingga tebal tutup atas :

$$\begin{aligned} t_h &= \left(\frac{0,001 \times 500 \times 3,85}{(2 \times 17500 \times 1) - (0,2 \times 0,001)} \right) + \left(\frac{1}{8} \right) \\ &= 0,1250 \text{ in} \end{aligned}$$

$$t_h = 1/8 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup atas adalah = 3/16 in

$$S_f = 1 \frac{1}{2} \text{ in} \quad (\text{Brownell, tabel 5.6, p. 88})$$

$$t = 3/16 \text{ in}$$

Menghitung tinggi tutup atas (OA)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} D_i - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$

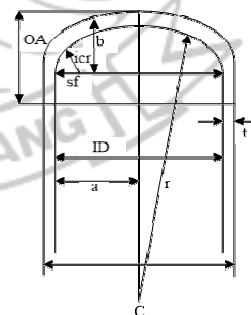
Detail ukuran Torispherical head :

$$t = \text{tebal head (in)}$$

$$icr = \text{inside corner radius}$$

$$sf = \text{straight flange (in)}$$

$$b = \text{depht of dish (in)}$$



OA = overall dimension (in)

$$\text{Maka } = BC = 500 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 496,750 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} \times 41,46 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 17 \text{ in}$$

$$b = 500 \text{ in} - (496,75^2 - 17,48^2)^{0,5}$$

$$= 4 \text{ in}$$

Jadi tinggi tutup atas adalah = $b + sf + t$

$$= 3,558 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{1}{5} \text{ in}$$

$$= 5,245 \text{ in}$$

$$= 0,1332 \text{ m}$$

$$= 0,4371 \text{ ft}$$

Tebal tutup bawah (datar)

Dari persamaan 13.27 Brownell and young p. 261

$$t_h = 0,866 (f/p)^{0,5}$$

$$f = 17500 \text{ psi}$$

$$p = 0,001 \text{ psi}$$

$$C = 0,162$$

(Brownell and young Appendix H, p.362)

$$t_h = 0,0012 \text{ in}$$

$$= \frac{1}{5} \text{ in}$$

maka digunakan tebal tutup bawah = $\frac{3}{16} \text{ in}$

A. Perhitungan Nozzle

Nozzle outlet bahan

$$\begin{aligned}\text{Laju alir bahan} &= 11,73227 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,003259 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,115090 \text{ ft}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas bahan} &= 0,24455 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,01527 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

Asumsi : aliran turbulen

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \text{ (Peters \& Timmerhaus, 1991. P.496)}$$

Keterangan :

$$qf = \text{Fluid flowrate (ft}^3/\text{detik)}$$

$$\rho = \text{density (lb/ft}^3\text{)}$$

$$D \text{ optimum} = 0,856 \text{ in}$$

Ditetapkan diameter nominal nozzle (pipa 1/8 in sch 40) :

$$\text{OD} = 0,405 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,269 \text{ in}$$

Spesifikasi Leaf Filter Press (LFP-101)

Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical	
Volume	= 15 m ³	
Diameter	= 3,4549 ft	= 1,05 m
Tinggi	= 7,34692 ft	= 2,24 m
Tebal Shell	= 1/5 in	

Tebal Tutup bawah	= 1/5 in
Tebal Tutup atas	= 1/5 in
Tinggi Tutup atas	= 0,13 m
Nozzle outlet	= 1/8 in
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA-283 C
Jumlah	= 1 buah

C.8 Tangki akumulator

Fungsi	: Sebagai tempat penyimpanan sementara
Bentuk	: Silinder tegak dan tutup atas berbentuk torispherical dished
Bahan konstruksi	: Carbon Steel Steel SA- 285 grade C
Jumlah	: 1 unit
Tekanan operasi	: 1 atm
Suhu operasi	: 95 °C
Pengelasan	: Double welded butt joint
Faktor korosi	: 1/8 in (Peters & Timmerhaus, 1991. p. 542)
Perhitungan:	

Tabel C.8.1 Komposisi komponen

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (g/mL)
Air	0,2205	0,0006	1	1
Trigliserida	378,4164	0,999	1	1,5
FFA	0,1187	0,0003	0,89	0,89
Folifosfid	0,0140	4E-05	0,80	0,80
Fitosterol	0,0169	4E-05	0,80	1,80

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (g/mL)
Tokoferol	0,0014	4E-06	0,55	0,55
Total	378,7879	1		

Menentukan densitas campuran (1 gr/ml =62,43 lb/cuft)

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \quad (\text{Smith,2005})$$

$$= \frac{1}{0,667129} \times 62,4$$

$$= 92,998 \text{ lb/cuft}$$

$$= 1,490 \text{ kg/L}$$

$$= 1499,7 \text{ kg/m}^3$$

Mass rate bahan = 378,789 kg/jam

Volume tangki

$$\text{Laju alir volumetrik} = \frac{378,789}{1499,7}$$

$$= 0,2527 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0024 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Kapasitas tangki direncanakan untuk waktu tinggal selama 2 jam, sehingga:

$$\text{Volume bahan} = 18,191 \text{ m}^3$$

Jumlah tangki adalah 1 buah maka

$$\text{volume tiap tangki} = 18,191 \text{ m}^3$$

$$= 18,3 \text{ cuft}$$

Bentuk Tangki

Silinder tegak dengan tutup atas Torispherical dan tutup bawah berbentuk datar

Asumsi : Volume bahan mengisi 80% volume tangki total

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{100\%}{80\%} \times 18,191 \text{ m}^3 \\ &= 22,739 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki

Menentukan diameter tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5 \quad (\text{Ulrich, 1984, p.249, Table 4-27})$$

diambil H/D =

Keterangan =

H = Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Volume Shell

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s \quad (\text{Perry, 1997, p.140, Table 10-65})$$

$$\begin{aligned}V_s &= (\pi/4) \times D \times 2D^3 \\ &= 1,570 D^3\end{aligned}$$

Volume tutup atas (*Standart dishead head*)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3$$

(Brownell & Young, 1959, Equation 5.11, p. 88)

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}}$$

$$18,191 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$= 1,570 D^3$$

$$D = 2,437 \text{ m}$$

$$= 7,998 \text{ ft}$$

$$= 95,966 \text{ in}$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 4,875 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Tangki Total} = H_s + H_{\text{tutup atas}}$$

$$= 4,875 \text{ m} + 0,1767 = 5,052 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Bahan (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$18,191 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times 0,556 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$18,191 \text{ m}^3 = 0,785 \times 0,55 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$\text{Tinggi Bahan, } H_f = 3,9001 \text{ m}$$

$$= 153,550 \text{ in}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = (P_i - P_o) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = (14,7 - 14,7) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times \left(\frac{g}{g_c}\right) \times H_{\text{liq}}$$

Dimana : ρ = Densitas (lb/cuft)
 H = Tinggi cairan (ft)
 g = 32,2 ft/det²
 gc = 32,2 ft/det² . lbm/lbf

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 93,5948 \times \left(\frac{32,2}{32,2}\right) \times 12,796$$

$$= 1197,7 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 8,3 \text{ psi}$$

P_{design} diambil 10% lebih besar dari $P_{\text{Hidrostatik}}$ demi faktor keamanan.

$$P_{\text{Design}} = 1,1 \times P_{\text{Hidrostatik}}$$

$$= 1,1 \times 8,3$$

$$= 2,778 \text{ psi}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka $f = 12650 \text{ psi}$ (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

$$r_i = 0,5 \times 29,323 \text{ in} = 42,414 \text{ in}$$

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

$$= \frac{9,15 \times 47,982}{(13500 \times 0,8) - (0,6 \times 9,15)}$$

$$= 0,156 \text{ in} = 1/8 \text{ in}$$

Maka, tebal shell yang di pilih adalah = 3/16 in

Tebal Tutup Atas (Torispherical dishead head)

tebal shell (ts) = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90, eq 5.7)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2\text{ts} \\ &= 29 + 2 (3/16) \\ &= 96,34 \text{ in} \\ &= 8,028 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka dari Brownell Tabel 5.7 didapat :

$$r_c = 500 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young Tabel 5.7})$$

$$i_{cr} = 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

0,65% > karena perbandingan i_{cr} dengan r_c lebih dari 6% maka

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2fE - 0,2 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.77})$$

dimana,

$$\begin{aligned} W &= \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{r_c}{i_{rc}} \right) 0,5 \right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{500}{3 \frac{1}{4}} \right) 0,5 \right) \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.76}) \\ &= 3,85 \end{aligned}$$

sehingga tebal tutup atas :

$$\begin{aligned} t_h &= \left(\frac{9,149 \times 500 \times 3,85}{(2 \times 13500 \times 1) - (0,2 \times 2,78)} \right) + \left(\frac{1}{8} \right) \\ &= 0,7542 \text{ in} \end{aligned}$$

$$t_h = 3/4 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup atas adalah = 3/4 in

$$S_f = 1 \frac{1}{2} \text{ in} \quad (\text{Brownell, tabel 5.6, p. 88})$$

$$t = 3/16 \text{ in}$$

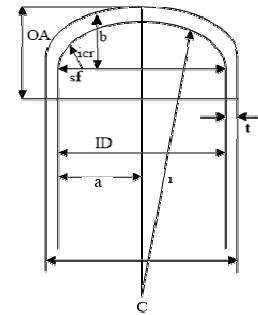
Menghitung tinggi tutup atas (OA)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} D_i - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0.5}$$



Detail ukuran Torispherical head :

t = tebal head (in)

icr = inside corner radius

sf = straight flange (in)

b = depht of dish (in)

OA = overall dimension (in)

dimension (in)

$$\text{Maka } BC = 500 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 496,750 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} \times 29,32 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 11 \text{ in}$$

$$b = 500 \text{ in} - (496,75^2 - 11,41^2)^{0.5} = 3 \text{ in}$$

Jadi tinggi tutup atas adalah $= b + sf + t$

$$= 5,268 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{1}{5} \text{ in}$$

$$= 6,656 \text{ in}$$

$$= 0,176 \text{ m}$$

$$= 0,422 \text{ ft}$$

Tebal tutup bawah (datar)

Dari persamaan 13.27 Brownell and young p. 261

$$t_h = 0,866 (f/p)^{0.5}$$

$$f = 13500 \text{ psi}$$

$$p = 9,149 \text{ psi}$$

$$C = 0,162 \quad (\text{Brownell and young Appendix H, p.362})$$

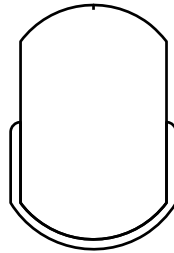
$$t_h = 0,355 \text{ in}$$

$$= \frac{1}{5} \text{ in}$$

Spesifikasi Tangki Akumulator (T-103)

Nama	= Tangki Akumulator
Fungsi	= Sebagai tempat penyimpanan sementara
Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical
Volume	= 23 m ³
Diameter	= 7,997 ft = 2,44 m
Tinggi	= 14,679 ft = 5,05 m
Tebal Shell	= 1/5 in
Tebal Tutup bawah	= 1/5 in
Tebal Tutup atas	= 1/5 in
Tinggi Tutup atas	= 0,18 m
Nozzle outlet	= 1/8 in
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA-283 C
Jumlah	= 1 buah

C.9 Tangki NaOH



- Fungsi : Tangki NaOH
- Bentuk : Silinder tegak dan tutup atas berbentuk torispherical dished berpengaduk
- Bahan konstruksi : Carbon Steel Steel SA- 2 grade B
- Jumlah : 1 unit
- Tekanan operasi : 1 atm
- Suhu operasi : 30 °C
- Faktor korosi : 1/8 in

Perhitungan:

Tabel Komposisi biji jagung yang digunakan

Komponen	Fraksi	Laju alir (Kg/jam)	Densitas (kg/m ³)
NaOH	0,166	0,1165776305	2130
Air	0,834	0,58569725	1
total	1	0,702274882	

Menentukan densitas campuran (1 gr/ml =62,43 lb/cuft)

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \\ &= \frac{1}{0,834} \times 62,4 \\ &= 74,849 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$= 1,096 \text{ kg/L}$$

$$= 1096,5 \text{ kg/m}^3$$

Mass rate bahan = 0,7023 kg/jam

Volume tangki

$$\text{Laju alir volumetrik} = \frac{0,7023}{1096,5} \times 168 \text{ jam}$$

$$= 0,1076 \text{ m}^3$$

$$= 0,010 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume bahan} = 0,1076 \text{ m}^3$$

Jumlah tangki adalah 1 buah maka

$$\text{volume tiap tangki} = 0,1076 \text{ m}^3$$

Bentuk Tangki

Silinder tegak dengan tutup atas Torispherical dan tutup bawah berbentuk datar

Asumsi : Volume bahan mengisi 80% volume tangki total

$$\text{Volume tangki} = \frac{100\%}{80\%} \times \text{volume bahan} = 0,135 \text{ m}^3$$

Menentukan Dimensi Tangki

Menentukan diameter tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5 \quad (\text{Ulrich, 1984, p.249, Table 4-27})$$

diambil $H/D =$

Keterangan =

H = Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi :

$$H = 2 D$$

Volume Shell

(Perry,1997, p.140, Table 10-65)

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s$$

$$V_s = (\pi/4) \times D \times 2D^3$$

$$= 1,570 D^3$$

Volume tutup atas (Standart dishead head)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3$$

(pers 5.11, p 88, Brownell & Young)

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}}$$

$$0,135 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$= 1,570 D^3$$

$$D = 0,4408 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

$$= 1,446 \text{ ft}$$

$$= 17,356 \text{ in}$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 2 \times 0,4408 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Tangki Total} = H_s + H_{\text{tutup atas}}$$

$$= 1,323 + 0,1262$$

$$= 1,449 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Bahan (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$0,11 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times 0,19 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$0,11 \text{ m}^3 = 0,785 \times 0,19 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$\text{Tinggi Bahan, } H_f = 0,705 \text{ m}$$

$$= 2,314 \text{ ft} = 27,769 \text{ in}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = (P_i - P_o) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = (14,7 - 14,7) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times \left(\frac{g}{g_c}\right) \times H_{\text{liq}}$$

Dimana : ρ = Densitas (lb/cuft)

H = Tinggi cairan (ft)

g = 32,2 ft/det²

g_c = 32,2 ft/det² . lbf/lbm

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 74,849 \times \left(\frac{32,2}{32,2}\right) \times 2,314$$

$$= 173,2 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 1,2 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P Hidrostatik demi faktor keamanan.

$$P_{\text{Design}} = 1,1 \times P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 1,1 \times 1,202$$

$$= 1,323 \text{ psi}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka f = 12650 psi (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \\&= \frac{1,3236 \times 8,678}{(13800 \times 0,8) - (0,6 \times 1,32)} \\&= 0,126 \text{ in} \\&= 1/8 \text{ in}\end{aligned}$$

Maka, tebal shell yang di pilih adalah = 2/16 in

Tebal Tutup Atas (Torispherical dishead head)

tebal shell (ts) = 3/16 in

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\&= 17 + 2 (3/16) \\&= 17,73 \text{ in} \\&= 1,477 \text{ ft}\end{aligned}$$

Maka dari Brownell Tabel 5.7 didapat :

rc = 500 in (Brownell & Young Tabel 5.7)

icr = 3 ¼ in

0,65% > karena perbandingan icr dengan rc lebih dari 6% maka

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2f E - 0,2 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.77})$$

dimana,

$$W = \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{r_c}{i_{rc}} \right) 0,5 \right)$$

$$= \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{500}{3 \frac{1}{4}} \right) 0,5 \right) \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.76})$$

$$= 3,85$$

sehingga tebal tutup atas :

$$t_h = \left(\frac{1,323 \times 500 \times 3,85 +}{(2 \times 13800 \times 1) - (0,2 \times 1,32)} \right) + \left(\frac{1}{8} \right)$$

$$= 0,240 \text{ in}$$

$$t_h = 1/4 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup atas adalah = 3/16 in

$$S_f = 1 \frac{1}{2} \text{ in} \quad (\text{Brownell, tabel 5.6, p. 88})$$

$$t = 3/16 \text{ in}$$

Menghitung tinggi tutup atas (OA)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} D_i - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$

Detail ukuran Torispherical head :

$$t = \text{tebal head (in)}$$

$$icr = \text{inside corner radius}$$

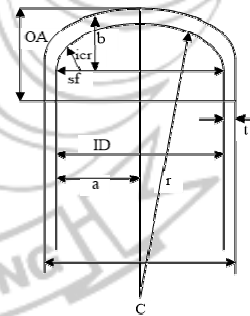
$$sf = \text{straight flange (in)}$$

$$b = \text{depht of dish (in)}$$

$$OA = \text{overall dimension (in)}$$

$$\text{Maka } = BC = 500 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 496,750 \text{ in}$$



$$AB = \frac{1}{2} \times 17,36 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 5 \text{ in}$$

$$b = 500 \text{ in} - (496,75^2 - 5,43^2)^{0,5}$$

$$= 3 \text{ in}$$

Jadi tinggi tutup atas adalah $= b + sf + t$

$$= 3,280 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{1}{5} \text{ in}$$

$$= 4,967 \text{ in}$$

$$= 0,126 \text{ m}$$

$$= 0,413 \text{ ft}$$

Tebal tutup bawah (datar)

Dari persamaan 13.27 Brownell and young p. 261

$$t_h = 0,866 (f/p)^{0,5}$$

$$f = 13800 \text{ psi}$$

$$p = 1,323 \text{ psi}$$

$$C = 0,162 \text{ (Brownell and young Appendix H, p.362)}$$

$$t_h = 0,0275 \text{ in}$$

$$= \frac{1}{5} \text{ in}$$

maka digunakan tebal tutup bawah $= \frac{3}{16} \text{ in}$

Menentukan Rancangan Pengaduk

$$\text{Densitas campuran} = 1096,5 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas campuran} = (\mu \text{ NaOH} \times \%F \text{ NaOH}) + (\mu \text{ Air} \times \%F \text{ Air})$$

$$= (1,62 \times 0,166) + (0,65 \times 0,834)$$

$$= 0,808 \text{ cP} = 0,0008 \text{ Kg/m.s}$$

$$\text{Putaran} = 45 \text{ rpm} = 0,75 \text{ rps}$$

$$\text{Diameter tangki} = 0,5 \text{ m}$$

Penentuan jenis pengaduk yang digunakan berdasarkan kecepatan pengadukan,

Data diketahui untuk tangki NaOH berdasarkan Couper dkk., 2005: P 288

$$\text{Putaran} = 100 \text{ rpm} = 1,66 \text{ rps} \quad (\text{Couper dkk., 2005: P 288})$$

Pengaduk yang direncanakan adalah anchor

Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993: p 144):

$$Da = 0,3 Dt = 0,3 \times (0,5 \text{ m}) = 0,15 \text{ m}$$

$$W = 1/5 Da = 1/5 \times (0,15 \text{ m}) = 0,03 \text{ m}$$

$$E = 1/3 Dt = 1/3 \times (0,5 \text{ m}) = 0,166 \text{ m}$$

$$L = 1/4 Da = 1/4 \times (0,15 \text{ m}) = 0,037 \text{ m}$$

$$J = 1/12 Dt = 1/12 \times (0,5 \text{ m}) = 0,041 \text{ m}$$

$$H = Dt = 1 \times (0,5 \text{ m}) = 0,5 \text{ m}$$

Keterangan =

Da = Diameter agitator

Dt = Diameter tangki

W = Lebar agitator

E = Jarak agitator dari dasar tangki

L = Panjang daun agitator

J = Lebar baffle

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold, } N_{Re} &= \frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \\ &= \frac{(0,15)^2 \times 0,75 \times 1096,5}{0,0008} = 23129,368 \end{aligned}$$

Dari Gambar 10.5b P 283 (Couper dkk., 2005) untuk nilai NRe di atas diperoleh nilai $N_p = 0,5$ untuk pengaduk anchor.

Sehingga kebutuhan daya diperoleh:

$$\begin{aligned}
 P &= N_{Po} \times \rho \times N^3 \times Da^5 \\
 &= (0,5) \times (1096,5) \times (0,75)^3 \times (0,15)^5 \\
 &= 0,018 \text{ W} \\
 &= 3 \times 10^{-5} \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Efisiensi motor 80 %, sehingga power yang dibutuhkan:

$$P = \frac{3 \times 10^{-5}}{80\%}$$

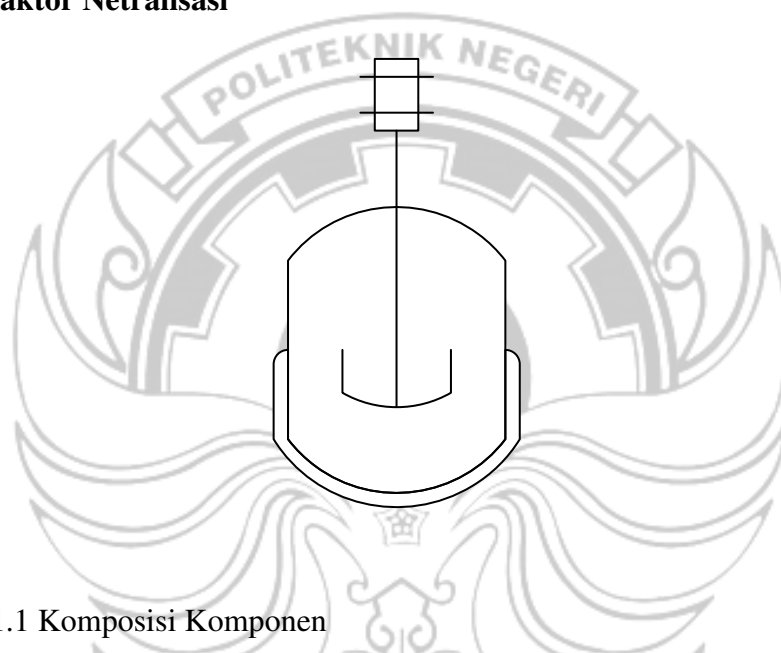
Dipilih power standar motor 0,5 hp

Spesifikasi Tangki NaOH (T-104)

Nama	= Tangki NaOH
Fungsi	= untuk pengenceran NaOH
Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical
Volume	= 0,135 m ³
Diameter	= 0,5 m = 1,446 ft
Tinggi	= 1,45 m = 4,753 ft
Tebal Shell	= 1/5 in
Tebal Tutup bawah	= 1/5 in
Tebal Tutup atas	= 1/5 in
Tinggi Tutup atas	= 0,13 m
Nozzle outlet	= 1/8 in
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA 285 C
Jumlah	= 1 buah

Tipe pengaduk	= Anchor agitator
Diameter pengaduk	= 0,15 m
Lebar pengaduk	= 0,03 m
Jarak Pengaduk dari dasar	= 0,166 m
Panjang daun pengaduk	= 0,037 m
Daya motor pengaduk	= 0,5 hp

C.10 Reaktor Netralisasi



Tabel C.11.1 Komposisi Komponen

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	ρ (g/mL)
Air	3,9327	0,0102	1
Trigleserida	381,2735	0,9845	1,0
FFA	0,7023	0,0018	0,85
Fokifosfid	0,2809	0,0007	1,10
Fitosterol	0,3371	0,0009	0,97
Tokoferol	0,0281	7E-05	0,94
NaOH	0,1166	0,0003	1,01
Air	0,5857	0,0015	1,26
Total	387,2568	1	

Menentukan densitas campuran (1 gr/ml =62,43 lb/cuft)

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 && \text{(Smith,2005)} \\ &= \frac{1}{2,312} \times 62,4 \text{ lb/cuft} \\ &= 27,001 \text{ lb/cuft} \\ &= 432,509 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Mass rate bahan} = 387,256 \text{ kg/jam}$$

Volume tangki

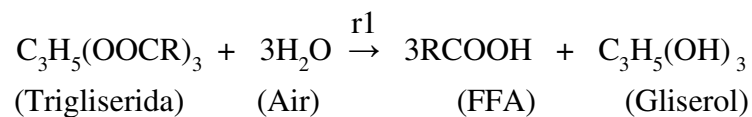
$$\begin{aligned}\text{Laju alir volumetrik} &= \frac{378,256 \text{ kg/jam}}{432,509 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,895 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0088 \text{ ft}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Menentukan waktu Reaksi

Tabel C.11.2 Komposisi Komponen

Komponen	Komposisi	Laju Alir (Kg/Jam)
Trigleserida	98,6338	381,27
FFA	0,1817	0,7023
Fokifosfid	0,0727	0,2809
Fitosterol	0,0872	0,3371
Tokoferol	0,0073	0,0281

Rekasi Hidrolisis



Massa trigliserida yang terkonversi menjadi FFA sebanyak 0,65% dari massa trigliserida masuk (Pore,2006)

$$F_{\text{Trigleserida}} = 381,27 \times 0,65\% = 2,478 \text{ Kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 m_{\text{Trigleserida}} &= \frac{F_{\text{Trigleserida}}}{BM_{\text{trigleserida}}} \\
 &= \frac{2,478 \text{ Kg/jam}}{870,855 \text{ Kg/Kmol}} \\
 &= 0,0028 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{a0} \text{ Trigleserida} &= \frac{m_{\text{Trigleserida}}}{\text{laju alir volumetrik}} \\
 &= \frac{0,0028 \text{ kmol/jam}}{0,895 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 0,00318 \text{ kmol/m}^3 \text{ (0,0032 Molar)}
 \end{aligned}$$

Konversi Reaksi (X_a) = 0,65% (Pore,2006)

$$\begin{aligned}
 C_a \text{ Trigleserida} &= C_{a0} \times (1 - x_a) \\
 &= 0,00318 \text{ kmol/m}^3 \times (1 - 0,65\%) \\
 &= 0,00316 \text{ kmol/m}^3
 \end{aligned}$$

Laju reaksi $r_1 = r_1 = 0,00284 \text{ Kmol/jam}$

Konstanta laju reaksi (k)

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{r_1}{C_a} \\
 &= \frac{0,00284 \text{ kmol/jam}}{0,00316 \text{ kmol/m}^3}
 \end{aligned}$$

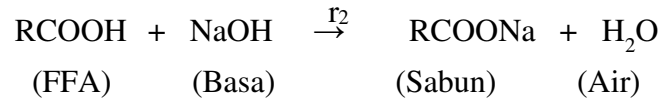
k = 0,8987 jam⁻¹

$$\begin{aligned}
 \text{waktu reaksi } (\tau_1) &= \frac{\ln\left(\frac{C_{a0}}{C_a}\right)}{k} \\
 &= \frac{\ln\left(\frac{0,00318 \text{ kmol/m}^3}{0,00316 \text{ kmol/m}^3}\right)}{0,8987} \\
 &= \frac{0,0063}{0,8987}
 \end{aligned}$$

= 0,007 jam

= 0,42 menit

Reaksi Netralisasi



$$\begin{aligned}
 m_{\text{FFA}} &= \frac{F_{\text{FFA}}}{\text{BM}_{\text{FFA}}} \\
 &= \frac{0,7023 \text{ Kg/jam}}{331,653 \text{ Kg/Kmol}} \\
 &= 0,00211 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{a0 \text{ FFA}} &= \frac{m_{\text{FFA}}}{\text{laju alir volumetrik}} \\
 &= \frac{0,00211 \text{ kmol/jam}}{0,895 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 0,00236 \text{ kmol/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Konversi Reaksi (Xa)} = 94\% \quad (\text{Widarta, 2008})$$

$$\begin{aligned}
 C_{a \text{ FFA}} &= C_{a0} \times (1 - x_a) \\
 &= 0,00236 \text{ kmol/m}^3 \times (1 - 0,65\%) \\
 &= 0,000142 \text{ kmol/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Laju reaksi } r_2 = r_2 = 0,00252 \text{ Kmol/jam}$$

Konstanta laju reaksi (k)

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{r_1}{C_a} \\
 &= \frac{0,00252 \text{ Kmol/jam}}{0,000142 \text{ kmol/m}^3}
 \end{aligned}$$

$$k = 17,75 \text{ jam}^{-1}$$

$$\text{waktu reaksi } (\tau_1) = \frac{\ln\left(\frac{C_{a0}}{C_a}\right)}{k}$$

$$= \frac{\ln\left(\frac{0,00237 \text{ kmol/m}^3}{0,000142 \text{ kmol/m}^3}\right)}{17,75 \text{ jam}^{-1}}$$

$$= \frac{\ln(16,690)}{17,75}$$

$$= 0,1585 \text{ jam (9,51 menit)}$$

Total waktu reaksi = $\tau_1 + \tau_2$

$$= 0,42 \text{ menit} + 9,51 \text{ menit} = 9,93 \text{ menit}$$

Volume larutan = $0,8954 \text{ m}^3$

Jumlah tangki adalah 1 buah maka

volume tiap tangki = $0,8954 \text{ m}^3$

$$= 31,62 \text{ cuft}$$

Bentuk Tangki

Silinder tegak dengan tutup atas Torispherical dan tutup bawah berbentuk datar

Asumsi : Volume bahan mengisi 80% volume tangki total

Volume tangki = $\frac{100\%}{80\%} \times 0,8954 \text{ m}^3$

$$= 1,119 \text{ m}^3$$

Menentukan Dimensi Tangki

Menentukan diameter tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5$$

Table 4-27) diambil H/D =

Keterangan =

H = Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Volume Shell

(Perry,1997, p.140, Table 10-65)

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s$$

$$V_s = (\pi/4) \times D \times 2D^3$$

$$= 1,570 D^3$$

Volume tutup atas (Standart dishead head)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3$$

(Brownell & Young, 1959, Equation 5.11, p. 88)

Volume tutup atas (Standart dishead head)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3$$

(Brownell & Young, 1959, Equation 5.11, p.

88)

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}} + V_{\text{tutup bawah}}$$

$$1,119 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$= 1,570 D^3$$

$$D = 0,8933 \text{ m}$$

$$= 2,93 \text{ ft} = 35,17 \text{ in}$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 1,179 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Bahan (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$1,119 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times 0,8933^2 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$1,119 \text{ m}^3 = 0,785 \times 0,798 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$\text{Tinggi Bahan, } H_f = 1,429 \text{ m}$$

$$= 4,689 \text{ ft}$$

$$= 56,27 \text{ in}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = (P_i - P_o) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = (14,7 - 14,7) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times \left(\frac{g}{g_c}\right) \times H_{\text{liq}}$$

Dimana : ρ = Densitas (lb/cuft)
 H = Tinggi cairan (ft)
 g = 32,2 ft/det²
 g_c = 32,2 ft/det² . lbm/lbf

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 27,001 \times \left(\frac{32,2}{32,2}\right) \times 4,689$$

$$= 126,630 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 0,879 \text{ lb/in}^2 \text{ (psi)}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P Hidrostatik demi faktor keamanan.

$$P_{\text{Design}} = 1,1 \times P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 1,1 \times 0,879$$

$$= 0,97 \text{ psi}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka $f = 12650 \text{ psi}$ (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

$$r_i = 0,5 \times 35,16 \text{ in} = 17,584 \text{ in}$$

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

$$= \frac{0,97 \times 35,17}{(13500 \times 0,8) - (0,6 \times 0,97)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,126 \text{ in}$$

$$= 1/8 \text{ in}$$

Maka, tebal shell yang di pilih adalah = 1/8 in

Tebal Tutup bawah berbentuk standar dishead

$$t_h = \left(\frac{P \cdot D}{2x(f \times E - 0,6P)} \right) + C \quad (\text{Brownell \& young, eq.6-154})$$

$$t_h = \left(\frac{91,0 \times 35,1691}{(2(13500 \times 0,8) - (0,6 \times 0,8))} \right) + \left(\frac{1}{8} \right)$$

$$t_h = \left(\frac{34,019}{21598} \right) + \frac{1}{8}$$

$$= 1/8 \text{ in}$$

Tebal tutup bawah yang digunakan adalah 1/8 in

Tebal tutup atas (*standard dishead head*)

tebal shell (ts) = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90, eq 5.7)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2ts \\ &= 35 + 2(2/16) \\ &= 35,42 \text{ in} \\ &= 2,95 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka dari Brownell Tabel 5.7 didapat :

$$r_c = 84 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959 Tabel 5.7})$$

$$i_{cr} = 5 \frac{1}{8} \text{ in}$$

6,1% > karena perbandingan i_{cr} dengan r_c lebih dari 6% maka

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.77})$$

dimana,

$$\begin{aligned} W &= \left(\frac{1}{4} \left(3 + \frac{r_c}{i_{cr}} \right) 0,5 \right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \left(3 + \frac{84}{5 \frac{1}{8}} \right) 0,5 \right) \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.76}) \\ &= 1,76 \end{aligned}$$

sehingga tebal tutup atas :

$$t_h = \left(\frac{1,0 \times 84}{(2 \times 13500 \times 0,8) - (0,2 \times 1,0)} \right) + \left(\frac{1}{8} \right)$$

$$= 0,131 \text{ in}$$

$$t_h = 1/8 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup atas adalah = 1/8 in

$$S_f = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$$

(Brownell, tabel 5.6, p. 88)

$$t = 1/8 \text{ in}$$

Menghitung tinggi tutup atas (OA)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} D_i - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0.5}$$

Detail ukuran Torispherical head :

t = tebal head (in)

icr = inside corner radius

sf = straight flange (in)

b = depth of dish (in)

OA = overall dimension (in)

$$\text{Maka } BC = 94 \text{ in} - 5 \frac{1}{8} \text{ in}$$

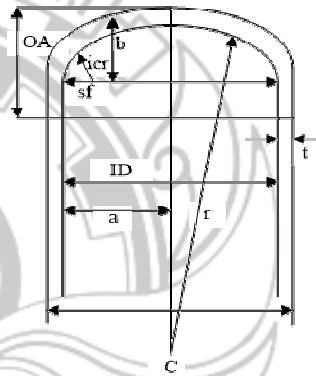
$$= 88,875 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} \times 35,17 \text{ in} - 5 \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$= 42,879 \text{ in}$$

$$b = 94 \text{ in} - (88,875^2 - 42,879^2)^{0.5}$$

$$= 6,002 \text{ in}$$



Jadi tinggi tutup atas adalah $= b + sf + t$

$$= 6,002 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$= 7,690 \text{ in}$$

$$= 0,195 \text{ m}$$

$$= 1,485 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki Total

$$= H_s + H_{\text{tutup bawah}} + H_{\text{tebal tutup atas}}$$

$$= 1,786 + 0,1953 + 0,153$$

$$= 2,2 \text{ m}$$

Perhitungan Pengaduk

Jumlah impeller antara 4-16, tetapi umumnya 6 atau 8 (Mc.Cabbe 5^{ed} p: 243)

Dipilih pengaduk type flat blade turbine dengan jumlah blade 6

Penentuan Dimensi Pengaduk

Tinggi bahan total, $H_L = 1$ ft

Diameter dalam tangki, $D_t = 2,931$ ft

Ukuran pengaduk Mc. Cabe ed 5th, p 243 :

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{H}{D_t} = 1$$

$$D_a = 0,3 D_t = 0,3 \times (2,93\text{ft}) = 0,977 \text{ ft}$$

$$W = 1/5 D_a = 1/5 \times (0,977 \text{ ft}) = 0,1954 \text{ ft}$$

$$E = 1/3 D_t = 1/3 \times (2,93\text{ft}) = 0,977 \text{ ft}$$

$$L = 1/4 D_a = 1/4 \times (0,977 \text{ ft}) = 0,244 \text{ ft}$$

$$J = 1/12 D_t = 1/12 \times (2,93\text{ft}) = 0,244 \text{ ft}$$

$$H = D_t = 1 \times (2,93\text{ft}) = 2,93 \text{ ft}$$

Keterangan :

D_a = Diameter Impeller

D_t = Diameter tangki

W = Lebar blade

E = Jarak agitator dari dasar tangki

L = Panjang daun blade

J = Lebar baffle

Penentuan Jumlah Pengaduk

Tinggi bahan total = $H_L = 0,9$

Diameter tangki = $D_t = 2,93$

$$\begin{aligned}
 Sg &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference } H_2O} \\
 &= \frac{27,001}{62,43} \\
 &= 0,43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 WELH &= H_L \times sg && \text{(Rase, 1977)} \\
 &= 0,9 \times 0,43 \\
 &= 0,13
 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah impeller 1

Kecepatan putaran pengaduk (N)

$$\begin{aligned}
 N &= \sqrt{\frac{WELH}{2 \times 2,93}} \\
 &= 90 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Jumlah impeller

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{tinggi larutan}}{\text{tinggi tangki}} && \text{(Joshi; 389)} \\
 &= \frac{0,9}{2,93} \\
 &= 1 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan bilangan reynold

$$\begin{aligned}
 N_{Re} &= \frac{(\rho \times (D_a)^2 \times N)}{\mu} \\
 &= \frac{(27,0 \text{ lb/cuft} \times (0,98)^2 \text{ ft} \times 1,5 \text{ rps})}{0,101 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{detik}}} \\
 &= 510,691 && \text{(Perry 8}^{ed}\text{;p 18-11)}
 \end{aligned}$$

$N_{Re} < 10000$ maka tidak diperlukan baffle

Dari Gambar 3.4 - 4 P 145 (Geankoplis, 1993) untuk nilai N_{Re} di atas diperoleh nilai $N_p = 1,2$ untuk pengaduk pitched-blade 45° turbine.

$$\begin{aligned}
 P &= \left(\frac{K_3}{g}\right) \times \rho \times N^3 \times Da^5 \\
 &= \left(\frac{6,3}{32 \text{ lb/dt}^2}\right) \times (27 \text{ lb/cuft}) \times (1,5)^3 \times (0,977)^5 \\
 &= 15,97 \text{ lb.ft/detik} = 0,29 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal jaket

$$\begin{aligned}P_{\text{Hidrostatik}} &= \rho \times \frac{g}{c} \times H \text{ bahan} \\ &= 62,43 \frac{\text{lb}}{\text{cuft}} \times 4,69 \frac{\text{lb}}{\text{cuft}} \\ &= 292,780 \text{ lbf/ft}^2 \\ &= 2,033 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{desain jaket}} &= (P_{\text{in}} + P_{\text{hidrostatik}}) - P_{\text{out}} \\ &= 14,7 + 2,03 - 14,7 \\ &= 2,033 \text{ psi}\end{aligned}$$

Sehingga, dapat ditulis

$$\begin{aligned}P &= 2,033 \text{ psi} \\ r_i &= 0,202 \text{ in} \\ f &= 13800 \text{ psi} \quad \text{Carbon Steel SA-283 Grade C} \\ E &= 0,8 \quad (\text{Double weld butt joint, Brownell Table 13.2, hlm 254}) \\ C &= 1/8 \text{ in}\end{aligned}$$

Sehingga, tebal minimum shell dapat dicari :

$$\begin{aligned}t_{\text{Jaket}} &= \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \\ t_{\text{Jaket}} &= \frac{2,03 \times 0,2025}{(13500 \times 0,8) - (0,6 \times 2,03)} + 1/8 \\ t_{\text{Jaket}} &= 0,0001 + 1/8 \\ t_{\text{Jaket}} &= 0,125 \text{ in} \\ t_{\text{Jaket}} &= 1/8 \text{ in} \\ \text{digunakan } t &= 2/16 \text{ in}\end{aligned}$$

Menentukan tebal jaket

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Jaket} &= \text{Tinggi Shell} + \text{Tinggi tutup bawah} \\ &= 5,861 + 0,640 \\ &= 6,502 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\text{Tebal jaket (tj)} = 2/16 \text{ in}$$

$$\text{Dot} = \text{Dit} + (2 \cdot t_{\text{shell}})$$

$$= 2,93 \text{ ft} + (0,25 \text{ ft})$$

$$= 3,18 \text{ ft}$$

TJ = 0,5 (Dij - Dot)

$$= 0,5 (2,93 - 3,18)$$

$$= 0,82 \text{ ft}$$

Dij = Dot + (2 . TJ)

$$= 4,82 \text{ ft}$$

Keterangan :

Dot = diameter luar tangki
 Dit = diameter dalam tangki
 Dij = diameter dalam jacket
 tshell = tebal tangki
 TJ = lebar jaket
 tJ = tebal jaket

Spesifikasi Reaktor Netralisasi (R-101)

Nama	= Reaktor Netralisasi
Fungsi	= Tempat proses reaksi
Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dishead dan tutup bagian bawah dilengkapi pengaduk
Volume	= 1,119 m ³
Diameter	= 2,93 ft = 0,89 m
Tinggi	= 7,144 ft = 2,2 m
Tebal Shell	= 1/8 in
Tebal Tutup bawah	= 1/8 in
Tebal Tutup atas	= 1/8 in
Tinggi Tutup atas	= 0,19 m
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA-283 C
Jumlah	= 1 buah
Sistem Pendingin	
Diameter jaket	= 4,82 in

Tinggi jaket	= 6,25 ft
Tebal jaket	= 0,25 m
Pengaduk	
Jenis pengaduk	= type flat blade turbine dengan jumlah blade 6
Diameter impeller	= 0,977 ft
Lebar blade	= 0,195 ft
Panjang blade	= 0,244 ft
Jarak dari dasar	= 0,977 ft
Power	= 0,29 hp

C.11 Decanter

Fungsi	= Pemurnian produk dari pengotornya
Jenis	= Continuous gravity decanter
Bahan	= Stainless steel SA 240 Grade M
Suhu	= 30°C
Tekanan	= 1 atm
Faktor korosi	= 1/8 in (Peters & Timmerhaus, 1991. p. 542)

Perhitungan:

Tabel C.12 Komposisi komponen

Komponen	%berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (g/mL)
Air	1,14%	4,4101	0,0114	1	1
Trigliserida	97,81%	378,7952	0,9781	0,95	0,95
FFA	0,61%	2,3736	0,0061	0,85	0,85
Folifosfid	0,07%	0,2809	0,0007	1,10	1,10
Fitosterol	0,09%	0,3371	0,0009	0,97	0,97
Tokoferol	0,01%	0,0281	7E-05	0,94	0,94

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (g/mL)
NaOH	0,00%	0,0159	4E-05	1,01	1,01
Gliserol	0,07%	0,2618	0,0007	1,26	1,26
Sabun	0,19%	0,7541	0,0019	1,02	1,02
Total	100%	387,2568	1		

Menentukan densitas campuran (1 gr/ml =62,43 lb/cuft)

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \quad (\text{Smith}, 2005)$$

$$= \frac{1}{1,0523} \times 62,4$$

$$= 59,324 \text{ lb/cuft}$$

$$= 0,950 \text{ kg/L}$$

$$= 950,290 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mass rate bahan, } W_f = 387,256 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,107 \text{ Kg/s}$$

$$\text{Densitas, } \rho_f = 950,290 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumetrik, } V_f = \frac{0,107}{950,290} = 0,00113 \text{ m}^3/\text{s}$$

Karakteristik Produk Atas (arus 18)

Tabel C.12.2 Komposisi komponen

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (g/mL)
Air	0,06%	0,2205	0,0006	1	1
Trigliserida	99,90%	378,4164	0,999	0,95	0,95
FFA	0,03%	0,1187	0,0003	0,85	0,85
Folifosfid	0,00%	0,0140	4E-05	1,10	1,1

Fitosterol	0,00%	0,0169	4E-05	0,97	0,97
Tokoferol	0,00%	0,0014	4E-06	0,94	0,94
Total	100%	378,7879	1		

Menentukan densitas campuran (1 gr/ml =62,43 lb/cuft)

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \quad (\text{Smith}, 2005)$$

$$= \frac{1}{1,0526} \times 62,4$$

$$= 59,31 \text{ lb/cuft}$$

$$= 950,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mass rate bahan} = 378,787 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,1 \text{ Kg/s}$$

Karakteristik Produk Bawah (arus 17)

Tabel C.12.3 Komposisi komponen

Komponen	% berat	Massa (kg/jam)	Fraksi	s.g	ρ (g/mL)
Air	25,30%	4,1896	0,253	1	1
Trigliserida	13,62%	2,2550	0,1362	0,95	0,95
FFA	1,61%	0,2669	0,0161	0,85	0,85
Folifosfid	1,93%	0,3202	0,0193	1,1	1,1
Fitosterol	0,16%	0,0267	0,0016	0,97	0,97
Tokoferol	0,10%	0,0159	0,001	0,94	0,94
NaOH	1,58%	0,2618	0,0158	1,01	1,01
Gliserol	4,55%	0,7541	0,0455	1,26	1,26
Sabun	51,14%	8,4690	0,5114	1,02	1,02
Total	100%	16,5591	1		

Menentukan densitas campuran (1 gr/ml =62,43 lb/cuft)

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{Fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \quad (\text{Smith}, 2005)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{0,988} \times 62,4 \\
 &= 63,138 \text{ lb/cuft} \\
 &= 984,78 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Mass rate bahan, $W_L = 16,55 \text{ kg/jam}$

$$= 0,0046 \text{ Kg/s}$$

Faktor kecepatan Pemisahan, K_v

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{W_L}{(W_a)} \times \frac{\rho_a}{\rho_L} \quad (\text{Peters and Timmerhaus,P; 781}) \\
 &= \left[\frac{0,005 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}}{0,105 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} \times \frac{953 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{985 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right]^{0,5} \\
 &= 0,042
 \end{aligned}$$

Maka, berdasarkan grafik 15-7 Peters paman 704 diperoleh faktor kecepatan ;

$$K_v = 0,08 \text{ m/s}$$

Menghitung Kecepatan Maksimum Pemisahan (V_m)

$$\begin{aligned}
 V &= K_v \times \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_a}{\rho_a}} \\
 &= 0,08 \times \sqrt{\frac{984,776 - 952,563}{952,563}} \\
 &= 0,014 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Minimum Cross Section Area, A_m

$$\begin{aligned}
 A_m &= \frac{W_a}{(\rho_a \times V_m)} \\
 &= \frac{0,105}{(953 \times 0,014)} \\
 &= 0,007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Cross Section Area, A_t

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{A_m}{A_v} \\ &= \frac{0,007 m^2}{0,08} \end{aligned}$$

Diameter Decanter, D

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{4 A_t}{\pi} \right]^{0,5} \\ &= \left[\frac{4 \times 0,093 m^2}{3,14} \right]^{0,5} \\ &= 0,345 m \end{aligned}$$

Liquid Holding Time

$$\begin{aligned} V_H &= V_a \times t \\ &= 0,0001105 m^3/s \times 1200 s = 0,132 m^3 \end{aligned}$$

Tinggi Vesel, L

$$\begin{aligned} L &= V_H / A_t \\ &= \frac{0,13255041 m^3}{0,09385364 m^2} \\ &= 1,412 m \end{aligned}$$

Perbandingan panjang (L) dan Diameter (D) yang diizinkan adalah $a : 3 < L/D < 5$

$$\begin{aligned} L/D &= \frac{1,41231 m}{0,345773 m} \\ &= 4,084 m \end{aligned}$$

Tinggi elipsoidal Head, h

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{4} D \\ &= 0,25 \times 0,345773 m = 0,086 m \end{aligned}$$

Tinggi total decanter, H

$$\begin{aligned}
 H &= L + 2h \\
 &= 1,41231 \text{ m} + 2 \times 0,086443183 \text{ m} \\
 &= 1,585 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tebal dinding (t)

$$t = \frac{P \times R}{(S \times E) - 0,6 P} + C$$

dimana :

$$P = \text{Tekanan desain} = 1 \text{ atm} = 1,03323 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = \text{Jari-jari tangki} = 0,172886 \text{ m} = 17,2886365 \text{ cm}$$

$$S = \text{Allowable stress} = 931,973 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \text{Joint Effisiensi} = 85\%$$

$$C = \text{Allowable corrosion} = 0,125 \text{ inch} = 0,3175 \text{ cm}$$

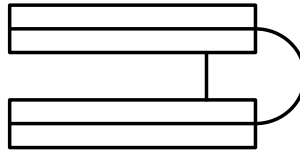
$$\begin{aligned}
 \text{Untuk pabrik 11 tahun} &= 11 \text{ tahun} \times 0,3175 \text{ cm/tahun} \\
 &= 3,4925 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{1,03323 \text{ kg/cm}^2 \times 17,2886365 \text{ cm}}{(931,97 \text{ kg/cm}^2 \times 85\%) - (0,6 \times 1,0332 \text{ kg/cm}^2)} + 3,49 \text{ cm} \\
 &= 3,515067087 \text{ cm} \\
 &= 0,035150671 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Tangki Decanter (DC-101)

Nama	= Tangki Decanter
Fungsi	= Sebagai pemurnian produk dari pengotornya
Type (model)	= Continous Gravity decanter
Tekanan	= 1 atm
Diameter	= 0,346 m
Tinggi	= 1,585 m
Tebal dinding	= 0,0351 m
Volume	= 0,132 m ³

C.12 Cooler



Fungsi : Menurunkan temperatur corn oil menjadi 30°C

Cold fluid : Air pendingin

Hot fluid : Corn oil

Jenis Aliran : Counter flow

Kondisi Operasi : $T_1 = 90^\circ\text{C} = 363\text{ K}$

$T_2 = 30^\circ\text{C} = 303\text{ K}$

Fluida panas (bahan) = 378,78788 kg/jam

= 835,08409 lb/jam

Fluida dingin = 9482,953 kg/jam

= 20906,327 lb/jam

Beban panas = 44000,901 KJ/jam

= 41704,802 Btu/jam

Menentukan harga ΔT LMTD

Fluida panas (bahan)

Suhu masuk = 100°C = 212 F

Suhu keluar = 30°C = 86 F

Fluida dingin (air pendingin)

Suhu masuk = 30°C = 85,8 F

Suhu keluar = 50°C = 122 F

Tabel C.13.1 Sistem cooler

<i>Hot fluid</i>	Suhu	<i>Cold fluid</i>	ΔT
212	Tinggi	122	90
86	Rendah	85,82	0,18

$$\begin{aligned} \Delta_{LMTD} &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \Delta T_2 - \Delta T_1} && \text{(Kern, 1983, Eq. 5.24, p.159)} \\ &= \frac{0,18^{\circ}F - 90^{\circ}F}{\ln 0,18^{\circ}F - 90^{\circ}F} \\ &= 14,45304^{\circ}F \end{aligned}$$

Memilih Ud

Berdasarkan Tabel 8 pada Kern paman. 840, untuk fluida panas (bahan) dan fluida dingin (air pendingin), dipilih harga Ud = 500

Menghitung luas perpindahan panas (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}} && \text{(Kern 1983, Eq. 5.23, p. 95)} \\ &= \frac{41704,80198}{500 \times 14,453} \\ &= 5,771075488 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dipilih jenis *double pipe* karena $A < 200 \text{ ft}^2$ (Kern 1983,p. 103)

Menentukan *rate fluida*

Direncanakan digunakan :

$$\text{Annulus} = 2 \quad \text{(Kern, 1965, Tabel 6.1,p 103)}$$

$$\text{Inner} = 1 \frac{1}{4}$$

$$\text{Ukuran pipa (IPS)} = 2 \frac{1}{2}$$

Dari tabel 6.2 pada Kern p. 110 diperoleh :

$$\text{Flow area inner pipe} = 1,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Flow area annulus} = 1,19 \text{ in}^2$$

Berdasarkan Kern paman 113 bahwa Luas aliran pipa bagian dalam (inner) memiliki luas aliran lebih besar dibandingkan luas annulus sehingga ;

Annulus = Fluida panas

Inner = Fluida dingin

Dari data di atas, diketahui flow area annulus lebih kecil daripada flow area inner pipe sehingga fluida panas ditempatkan pada annulus.

Menentukan dimensi HE

Dari table 11 pada Kern p.844 diperoleh data :

$$\text{IPS} = 2 \times 1 \frac{1}{4}$$

$$\text{Schedule number} = 40$$

$$\text{Diameter annulus OD} = 2,38 \text{ in} = 0,2 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 2,07 \text{ in} = 0,17 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter inner OD} = 1,66 \text{ in} = 0,14 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,38 \text{ in} = 0,11 \text{ ft}$$

Menentukan dirt factor dan pressure drop

Menentukan dirt factor

Langkah perhitungan dilakukan berdasarkan Example 6.3 Kern 1983.

Annulus, fluida panas (bahan)	Inner pipe, fluida dingin
a. Flow are, a_a	a. Flow are, a_p
$D_2 = 0,198 \text{ ft}$	$D = 0,11495 \text{ ft}$
$D_1 = 0,138 \text{ ft}$	$A_p = 1/4 \pi D^2$
$a_a = 1/4 \pi \times (D_2^2 - D_1^2)$	$= 0,0104 \text{ ft}^2$
$= 0,015844 \text{ ft}^2$	
Diameter equivalen, D_e	

Annulus, fluida panas (bahan)

Inner pipe, fluida dingin

$$D_e = (D_2^2 - D_1^2) / D_1$$

$$D_e = 0,145966 \text{ ft}$$

b. Mass velocity, G_a

$$G_a = \frac{Wh}{a_a}$$

$$= \frac{835,0841 \text{ lb/jam}}{0,015844 \text{ ft}^2}$$

$$= 52705,59 \text{ lb/jam.ft}^2$$

c. $T_{av} = 212 \text{ F}$

$$\mu = 27,9 \text{ cP} \times 2,42$$

$$= 67,5906 \text{ lb/jam.ft}$$

d. Bilangan Reynold, N_{re}

$$N_{re} = (D_e \times G_a) / \mu$$

$$= 113,8207 \text{ laminar}$$

e. $j_H 20$ (Kern, fig. 24 p. 834)

f. pada $T_{av} = 212 \text{ F}$

$$c = 1,284 \text{ Btu/lb.F (Kern, fig 3 p. 805)}$$

$$k = 0,169 \text{ Btu/jam.ft.F (Kern, table 5, p. 802)}$$

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} = 8,01$$

$$h_o = j_H \times \frac{k}{D_e} \times \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$= 185,4 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

b. Mass velocity, G_p

$$G_p = Wc/a_p$$

$$= \frac{20906,3 \text{ lb/jam}}{0,01037 \text{ ft}^2}$$

$$= 2015394 \text{ lb/jam.ft}^2$$

c. $T_{av} = 103,91 \text{ F}$

$$\mu = 0,64 \text{ cP} \times 2,42$$

$$= 1,5488 \text{ lb/jam.ft}$$

d. Bilangan Reynold, N_{re}

$$N_{re} = (D \times G_p) / \mu$$

$$= 149585 \text{ turbulen}$$

e. $j_H 30$

f. pada $T_{av} = 104 \text{ F}$

$$c = 0,44 \text{ Btu/lb.F}$$

$$\text{(Kern, fig 3 p. 805)}$$

$$k = 0,38 \text{ Btu/jam.ft.F}$$

$$\text{(Kern, table 5 p. 802)}$$

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,21$$

$$h_o = j_H \times \frac{k}{D_e} \times \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$= 121 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

g. koreksi h_i (h_{io})

$$= \frac{121 \times 0,11}{0,14}$$

$$= 100 \text{ Btu /jam. ft}^2 \cdot \text{F}$$

Clean overall coefficient, U_c

$$\begin{aligned}U_c &= \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} \\&= \frac{100,3 \times 185}{100,3 + 185} \\&= 65,1082 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}\end{aligned}$$

Design overall coefficient $\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d$

Asumsi $R_d = 0,01$ (bahan)

$$U_d = 39,434 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$$

Required surface

$$Q = U_d \times A \Delta_{LMTD} \quad (\text{Kern, 1983, p.159})$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{41704,80198}{39,43 \times 14,5} \\&= 73,1745 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

Menentukan jumlah harpin yang digunakan dari tabel 11, kern p. 844

untuk IPS $1 \frac{1}{4}$ surface per line ft $0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}$

$$\begin{aligned}\text{Panjang yang dibutuhkan} &= \frac{A}{\text{surface/line}} \\&= \frac{73,174 \text{ ft}^2}{0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}} \\&= 168,22 \text{ ft}\end{aligned}$$

Pada kasus ini dapat dipenuhi menggunakan 1 harpin yang dipasang seri

$$\text{Hairpin} = 1 = 12 \text{ ft}$$

Koreksi harga A dan Ud

$$\text{Harga A aktual} = (1 \times 2 \times 12) \times 0,435$$

$$\text{Jlh haripin} = L / (2 \times \text{panjang pipa})$$

$$= 168,22 \text{ ft} / (2 \times 12 \text{ ft})$$

$$= 7,009$$

Ud

$$= \frac{Q}{A \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$= \frac{41704,80198}{73,17 \times 14,453}$$

$$= 39,4337 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$$

Menentukan faktor kekotoran :

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c + U_D}$$

$$= \frac{65,1 - 39,4}{65,1 + 39,4}$$

$$= 0,24559$$

Menentukan pressure drop

Annulus, fluida panas	Inner pipe, fluida dingin
$D_e = (D_2 - D_1)$	$Re = 149585$
$= 0,06 \text{ ft}$	$f = 0,004 + \frac{0,26}{Re} = 0,0035$
$Re = \frac{D_e \times G_a}{\mu}$	$S = 1$ (perry 6 th ed, pg. 3-18)
$= \frac{0,06 \times 52706}{a_a 67,590}$	$\rho = 62,5$ (perry 6 th ed, pg. 3-18)
$= \frac{0,06 \times 52706}{a_a 67,590} = 46,7679$	$\Delta f_b = \frac{4f \times G^2 a \times L}{(2 \times g \times \rho^2 \times D_e)} = 2,42 \text{ ft}$

Annulus, fluida panas	Inner pipe, fluida dingin
$f = 0,004 + \frac{0,26}{Re} = 0,0091$	$\Delta p_p = 0,450 \text{ psi}$
$S = 0,95$	$\Delta p_p = 10 \text{ psi}$
$\rho = 62,5 \times 1,96$ $= 122,331$	
$\Delta f_a = \frac{4f \times G^2 a \times L}{2g \times \rho \times D_e}$ $= \frac{1,63E+09}{1,77E+11} = 0,009 \text{ ft}$	
$V = \frac{Ga}{3600 \times \rho}$ $= \frac{52705,59}{225000} = 0,234 \text{ fps}$	
$\Delta f_1 = 4 \times \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 3,533$	
$\Delta p_{pa} = \frac{(\Delta F_a + \Delta F_i) \rho}{144}$ $= \frac{210,4}{144} = 3,0038 \text{ psi}$	
$\Delta_{\max} = 10 \text{ psi}$	

Spesifikasi Tangki Cooler (CO-101)

Nama	= Cooler
Fungsi	= Menurunkan temperatur Crude Corn Oil (CCO)
Type (model)	= <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Panjang Hairpin	= 168 ft
Aliran fluida	= <i>Counter current</i>
Bahan konstruks	= <i>Carbon steel SA-285 Grade C</i>
Media pendingin	= Air pendingin, 30°C
<i>Inner pipe</i>	= IPS 1 $\frac{1}{4}$
<i>Annulus</i>	= IPS 2
$\Delta p \text{ inner pipe}$	= 0,450 psi
$\Delta p \text{ Annulus}$	= 1,460 psi

C.13 Tangki Penyimpanan

- Fungsi : Tempat penyimpanan produk
- Bentuk : Silinder tegak dengan bagian tutup atas standart dishead head dan tutup bagian bawah dilengkapi pengaduk
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-285 grade C
- Jumlah : 1 unit
- Tekanan operasi : 1 atm
- Suhu operasi : 30°C
- Pengelasan : *Double welded butt joint*
- Faktor korosi : 1/8 in

Tabel C.14.1 Komposisi Komponen

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (g/mL)
Air	0,2205	1
Trigleserida	0,0000	1,5
FFA	378,4164	0,89
Fokifosfid	0,1187	0,80
Fitosterol	0,0140	1,80
Tokoferol	0,0169	0,55
Total	378,7865	

Menentukan densitas campuran

(1 gr/ml = 62,43 lb/cuft)

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\sum \frac{\text{fraksi massa}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4 \\
 &= \frac{1}{0,667024831} \times 62,4 \text{ lb/cuft} \\
 &= 93,595 \text{ lb/cuft} = 1499,200 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Massa rate campuran = 378,7879 kg/jam

Volume tangki

Direncanakan kapasitas tangki :

$$\text{Laju alir volumetrik} = \frac{378,8 \text{ kg/jam}}{15,1470 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 0,3 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,00248 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Waktu penyimpanan = 72 jam

Volume bahan = 18,194 m³

Jumlah tangki adalah = 1 buah

Volume tiap tangki = 18,2 m³

$$= 642,5 \text{ cuft}$$

Bentuk tangki

Silinder tegak dengan tutup atas standard dan tutup bawah berbentuk dishead

Asumsi : Volume larutan mengisi 80% volume tangki total

$$\text{Volume tangki} = \frac{100\%}{80\%} \times \text{larutan pati}$$

$$= 22,739 \text{ m}^3$$

Menentukan Dimensi Tangki

$$\frac{H}{D} = 2 \text{ sampai } 5$$

(Ulrich,1984, p.249, Table 4-27) diambil

$$H/D = 2$$

Keterangan : H =Panjang tangki

D = Diameter tangki

Asumsi : H = 2 D

Volume Shell

(Perry,1997, p.140, Table 10-65)

$$V_s = (\pi/4) \times D^2 \times H_s$$

$$\begin{aligned} V_s &= (\pi/4) \times D \times 2D^3 \\ &= 1,570 D^3 \end{aligned}$$

Volume tutup atas (Standart dishead head)

$$V_{\text{tutup atas}} = 0.000049D^3$$

(Brownell & Young, pers 5.11, p 88)

maka Volume total :

$$V_t = V_s + V_{\text{tutup atas}}$$

$$\begin{aligned} 22,739 &= 1,57 D^3 + 0,000049 D^3 \\ &= 1,5700 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 1,2188 \text{ m} \\ &= 3,999 \text{ ft} \\ &= 47,983 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi Shell :

$$H_s = 2,4375 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Tangki Total} &= H_s + H_{\text{tutup atas}} \\ &= 2,4375 + 0,1364 \\ &= 2,574 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Bahan (Hf) di dalam Tangki :

$$\text{Volume Bahan} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$18,19 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times 1,49 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$18,19 \text{ m}^3 = 0,785 \times 1,49 \text{ m}^2 \times H_f$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Bahan, } H_f &= 1,5604 \text{ m} \\ &= 5,1196 \text{ ft} \\ &= 61,4315 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan Pressure (P) Design

$$P_{\text{design}} = (P_i - P_o) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = (14,7 - 14,7) + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times \left(\frac{g}{g_c}\right) \times H_{\text{liq}}$$

Dimana : ρ = Densitas (lb/cuft)

H = Tinggi cairan (ft)

g = 32,2 ft/det²

g_c = 32,2 ft/det² . lbm/lbf

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 0,0153 \times \left(\frac{32,2}{32,2}\right) \times 5,1196$$

$$= 0,0782 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 0,0005 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P Hidrostatik demi faktor keamanan.

$$P_{\text{Design}} = 1,1 \times P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 1,1 \times 0,0005$$

$$= 0,001 \text{ psi}$$

Menentukan tebal minimum shell, tebal tutup atas dan bawah

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{F E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, p. 254, Eq 13.1})$$

C = faktor korosi; digunakan 1/8 in (Petter & Timmerhaus, 1991, p. 542)

E = faktor pengelasan, 80% (0,8) (Brownell & Young, 1959, p. 254)

f = Stress allowable, bahan konstruksi Carbon Steel SA-285 C

maka f = 12650 psi (Brownell & Young, 1959, p. 251, Table 13.1)

ri = 0,5 x 47,9829 in = 23,991 in

$$t \text{ min} = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

$$= \frac{0,001 \times 23,991}{(13500 \times 0,8) - (0,6 \times 0,001)} + 1/8$$

$$= 0,1250 \text{ in}$$

$$= 1/8 \text{ in}$$

Maka, tebal shell yang di pilih adalah = 3/16 in

Tebal Tutup Atas (Torispherical dishead head)

tebal shell (ts) = 3/16 in (Brownell & Young, 1959, p. 90, eq 5.7)

$$OD = ID + 2ts$$

$$= 48 + 2 (3/16)$$

$$= 48,36 \text{ in}$$

$$= 4,0298 \text{ ft}$$

Maka dari Brownell Tabel 5.7 didapat :

rc = 500 in (Brownell & Young Tabel 5.7)

icr = 3 ¼ in

0,65% > karena perbandingan icr dengan rc lebih dari 6% maka

$$th = \frac{P \times r_c \times W}{2f E - 0,2 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.77})$$

dimana,

$$W = \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{rc}{irc}\right) 0,5\right)$$

$$= \left(\frac{1}{4} \left(3 \frac{500}{3 \frac{1}{4}}\right) 0,5\right) = 3,85 \quad (\text{Brownell \& Young; Pers 7.76})$$

sehingga tebal tutup atas :

$$th = \left(\frac{0,001 \times 500 \times 3,85}{(2 \times 13500 \times 1) - (0,2 \times 0,001)}\right) + \left(\frac{1}{8}\right)$$

$$= 0,1251 \text{ in}$$

$$th = 1/8 \text{ in}$$

Maka, tebal tutup atas adalah = 3/16 in

$$Sf = 1 \frac{1}{2} \text{ in} \quad (\text{Brownell, tabel 5.6, p. 88})$$

$$t = 3/16 \text{ in}$$

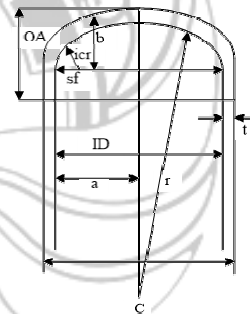
Menghitung tinggi tutup atas (OA)

$$OA = b + sf + t$$

$$BC = rc - icr$$

$$AB = \frac{1}{2} Di - icr$$

$$b = rc - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$



Detail ukuran Torispherical head :

$$t = \text{tebal head (in)}$$

$$icr = \text{inside corner radius}$$

$$sf = \text{straight flange (in)}$$

$$b = \text{depht of dish (in)}$$

$$OA = \text{overall dimension (in)}$$

$$\text{Maka } BC = 500 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 496,750 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} \times 47,98 \text{ in} - 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$= 21 \text{ in}$$

$$b = 500 \text{ in} - (496,752 - 20,742) \cdot 0,5$$

$$= 4 \text{ in}$$

Jadi tinggi tutup atas adalah $= b + sf + t$

$$= 3,683 \text{ in} + 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{1}{5} \text{ in}$$

$$= 5,371 \text{ in}$$

$$= 0,1364 \text{ m} = 0,4476 \text{ ft}$$

Tebal tutup bawah (datar)

Dari persamaan 13.27 Brownell and young p. 261

$$th = 0,866 (f/p)^{0.5}$$

$$f = 13500 \text{ psi}$$

$$p = 0,001 \text{ psi}$$

$$C = 0,162 \quad (\text{Brownell and young Appendix H, p.362})$$

$$th = 0,0016 \text{ in}$$

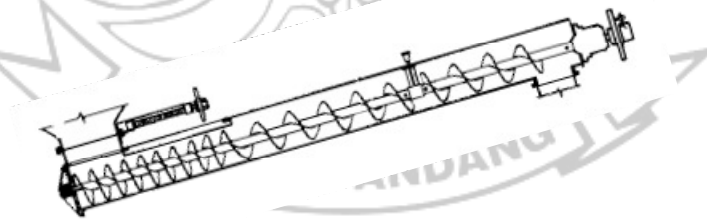
$$= \frac{1}{5} \text{ in}$$

maka digunakan tebal tutup bawah $= 1/5 \text{ in}$

Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-105)

Nama	= Tangki Penyimpanan
Fungsi	= untuk menyimpan produk
Type (model)	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical.
Volume	= 22,74 m ³
Diameter	= 2,44 m = 8 ft
Tinggi	= 5,8 m = 18,967 ft
Tebal Shell	= 3/16 in
Tebal Tutup bawah	= 3/16 in
Tebal Tutup atas	= 3/16 in
Tinggi Tutup atas	= 0,1364 m
Bahan Kontruksi	= Carbon steel SA 285 C
Jumlah	= 1 buah

C.14 Screw Conveyor



Fungsi	=
1. SC-101	= Mengangkut biji jagung menuju tangki perebusan
2. SC-102	= Mengangkut bleaching earth menuju tangki bleaching
Bahan konstruksi	= <i>carbon steel</i>
Jumlah	= 1 unit

Tekanan operasi = 1 atm

Suhu operasi = 30 °C

Perhitungan SC-101 =

Laju massa bahan = 8025,962 Kg/Jam

Densitas = 720,9 Kg/m³

= 45,003 lb/ft³

Faktor kelonggaran = 20%

Kapasitas Screw conveyor = (1+0,2) x 8025,962 Kg/Jam

= 9631,197 Kg/jam

= 9,631 ton/jam

= 353,884 lb/min

Rate volume = $\frac{\text{massa bahan}}{\text{densitas biji jagung}}$

= $\frac{8025,962 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}}{720,9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$

= 11,133 m³/jam

= 6,552 ft³/min

Berdasarkan dari Perry 7^{ed} tabel 21-6, dengan kapasitas 9,631 ton/jam diperoleh:

Screw Conveyor	Diameter flight (in)	Diameter (in)	Hanger Center (ft)	Diameter Feed section (in)	Kecepatan Putaran (r/min)	Panjang (ft)	Koefisien
SC-101	10	2 $\frac{1}{2}$	10	9	55	30	1,3
SC-102	9	2 $\frac{1}{2}$	10	6	40	15	4

Menentukan Power Screw Conveyor

Berdasarkan persamaan Brown, 1956 p. 53 dalam mencari power motor screw conveyor (HP)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Koefisien} \times \text{kapasitas} \left(\frac{\text{lb}}{\text{min}}\right) (\text{Panjang} (\text{ft}))}{33000}$$

$$\text{Kapasitas (lb/min)} = 353,884 \text{ lb/min}$$

$$\text{Panjang (ft)} = 30 \text{ ft}$$

$$\text{Koefisien} = 1,3 \text{ (untuk grain)} \quad (\text{Brown, 1956 p. 53})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{1,3 \times 353,884 \text{ lb/min} \times 30 \text{ ft}}{33000} \\ &= 0,418 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Jika efisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Brown, 1956 p. 54})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{0,418 \text{ HP}}{80\%} \\ &= 0,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

Spesifikasi

Fungsi =

SC-101 = Mengangkut biji jagung menuju tangki perebusan

SC-102 = Mengangkut bleaching earth menuju tangki bleaching

Bentuk = *Shaftless Screw Conveyor*

Bahan konstruksi = *carbon steel*

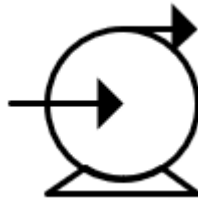
Jumlah = 3 unit

Tekanan operasi = 1 atm

Suhu operasi = 30 °C

Screw Conveyor	Diameter <i>flight</i> (in)	Diameter (in)	Diameter Feed section (in)	Kecepatan Putaran (r/min)	Power motor (HP)	Power Standar (HP)	Panjang (ft)
SC-101	10	2 $\frac{1}{2}$	9	55	0,5	0,5	30
SC-102	9	2 $\frac{1}{2}$	6	40	0,04	0,5	15

C.15 Pompa



Dalam proses ini digunakan beberapa pompa, yaitu :

P-101 : Mengalirkan hasil dari screw press menuju centrifuge

P-102 : Mengalirkan hasil dari centrifuge menuju tangki bleaching

P-103 : Mengalirkan campuran minyak, air dan sisa bleaching earth dari tangki bleaching menuju leaf filter press

P-104 : Mengalirkan campuran minyak dan air dari leaf filter press menuju tangki

akumulator

P-105 : Mengalirkan larutan NaOH menuju reaktor netralisasi

P-106 : Mengalirkan campuran minyak, air dan sisa kotoran kedalam decanter

P-107 : Mengalirkan hasil dari decanter menuju cooler

P-108 : Mengalirkan minyak jagung dari cooler menuju tangki penyimpanan akhir

Perhitungan P-101

Tekanan masuk : 1 atm

Laju Alir massa (F) : 972,67 kg/jam \approx 2.144,3703 lb/jam

Densitas (ρ) : 981,25 kg/m³ \approx 61,2574 lb/ft³

Viskositas : 0,85 cp \approx 0,0005 lb/ft s

$$\begin{aligned}\text{Laju alir Volumetric} &= \frac{\text{laju alir massa}}{\text{densitas}} \\ &= \frac{2.144,3703 \text{ lb/jam}}{61,2574 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 35,006 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0097 \text{ ft}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Desain Pompa

Menghitung dimensi pipa

Asumsi aliran yang terjadi ialah aliran turbulen, $N_{re} > 2.100$

$$\begin{aligned}D_{iOpt} &= 3,9 \times Q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Pers. 15, P 496 Peter}) \\ &= 3,9 \times (0,0097 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (61,2574 \text{ lb/ft}^3)^{0,13} \\ &= 0,827 \text{ in}\end{aligned}$$

Dari tabel A-51 Geankoplis p 892 diperoleh diameter yang mendekati hasil perhitungan :

Nominal pipe size = 1 in

Schedule Number = 40

OD = 1,315 in \approx 0,1095 ft

ID = 1,049 in \approx 0,0874 ft

Flow area (A) = 0,006 ft²

Menghitung kecepatan linear fluida (v)

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q_f}{A} \\
 &= \frac{0,0097 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,006 \text{ ft}^2} \\
 &= 1,62 \text{ ft/s} = 0,494 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung bilangan reynold

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{\rho ID V}{\mu} \\
 &= \frac{61,2574 \text{ lb/ft}^3 (0,0874 \text{ ft}) (1,62 \frac{\text{ft}}{\text{s}})}{0,0005 \text{ lb/ft s}} = 17.346,62
 \end{aligned}$$

Karena nilai $N_{re} > 2100$ maka asumsi awal benar.

Menghitung Panjang Total Pipa (ΣL)

Digunakan elbow 90° sebanyak 3 buah

$$\frac{L_e}{ID} = 35 \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, 1991. Tabel 1 p 484})$$

$$L_e = ID \times 35 \times \text{jumlah elbow}$$

$$= 0,0874 \text{ ft} \times 35 \times 3$$

$$= 9,177 \text{ ft}$$

Digunakan Globe valve sebanyak 1 buah

$$\frac{L_e}{ID} = 9 \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, 1991. Tabel 1 p 484})$$

$$L_e = ID \times 9 \times \text{jumlah gate vale}$$

$$= 0,0874 \text{ ft} \times 9 \times 1$$

$$= 0,7866 \text{ ft}$$

$$\Sigma L = \text{Elbow } 90^\circ + \text{globe valve}$$

$$= 9,177 \text{ ft} + 0,7866$$

$$= 9,9636 \text{ ft}$$

= 3,04 m



Menghitung friksi yang terjadi (F)

Friksi karena adanya Sudden Contraction

karena luas permukaan tangki jauh lebih besar dari luas permukaan pipa, maka $A_2 < A_1$ sehingga A_2/A_1 dapat diabaikan

untuk turbulen, $a = 1,0$

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \frac{v^2}{2a} \quad (\text{Geankoplis, 1993, Eq. 2.10-16, p. 93})$$

$$= (1 - 0) \frac{0,494 \text{ m/s}}{2 \times 1}$$

$$= 0,122 \text{ J/Kg}$$

Friksi karena pipa elbow 90°

dimana $k_f = 0,75$ (Geankoplis, 1993. Tabel 2.10-2 p. 94)

$n = 3$ buah

$$\text{maka } h_f = n \times K_f \left(\frac{v^2}{2a}\right)$$
$$= 3 \times 0,75 \times \left(\frac{0,494 \text{ m/s}^2}{2 \times 1}\right)$$

$$= 0,275 \text{ J/Kg}$$

Friksi karena Globe Valve

dimana $k_f = 6$ (Geankoplis, 1993. Tabel 2.10-2 p. 94)

$n = 1$ buah

$$\text{maka } h_f = n \times K_f \left(\frac{v^2}{2a}\right)$$
$$= 1 \times 6 \times \left(\frac{0,494 \text{ m/s}^2}{2 \times 1}\right)$$

$$= 0,275 \text{ J/Kg}$$

Friction Loss $\sum F = 1,195 \text{ J/kg}$

Menghitung Daya Pompa

Berdasarkan persamaan bernoulli

$$2\alpha_1 \left(v_2^2 - v_1^2 \right) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

Dimana:

$$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

$$Z_1 = 0,5 \text{ m}$$

$$Z_2 = 2 \text{ m}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = (2 - 0,5) \text{ m} = 1,5 \text{ m} (4,921 \text{ ft})$$

$$\alpha = 1$$

$$V_1 = 0$$

$$V_2 = 0,494 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$-w_s = 2 \times 1 \left((0,494^2 - 0) \right) + 9,8(2 - 0,5) + 0 + 1,197 = 16,033 \text{ J/Kg}$$

Mencari efisiensi pompa pada Fig 14.36 p 520 (Peters & Timmerhaus, 1991)

$$\text{Kapasitas pompa} = 0,991 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$= 4,365 \text{ gal/min}$$

Berdasarkan kapasitas pompa diperoleh efisiensi = 5%

$$W_p = - \frac{W_s}{\eta}$$

$$= \frac{16,033 \frac{J}{Kg}}{37\%}$$

$$= 320,659 J/Kg$$

Menghitung BHP pompa

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= W_p \times \text{laju alir massa} \\ &= 320,65 J/Kg \times 972,67 Kg/jam \\ &= 732154 J/jam \\ &= 0,273 hp \end{aligned}$$

Diasumsikan efisiensi pompa (η_P) 80% (Peter, p. 521)

$$\begin{aligned} (\eta_P) &= 0,116 hp \times 80\% \\ &= 0,273 hp \end{aligned}$$

$$\text{Maka tenaga pompa yang diperlukan} = \frac{BHP}{\eta_P} = \frac{0,006 hp}{0,8} = 0,0075$$

Maka digunakan power standar 0,3 Hp

Dengan melakukan perhitungan seperti pada pompa 101, diperoleh data hasil perhitungan untuk pompa lainnya pada tabel berikut:

Kode Pompa	Laju alir (Kg/jam)	Nominal Pipe size (ft ²)	Outside Diameter (in)	Schedule Number	Inside Dieiameter (in)	Daya (Hp)	Daya Standar (Hp)
P-101	981,25	1	1,315	40	1,049	0,273	0,3
P-102	462,05	¾	1,050	40	0,824	0,168	0,25
P-103	462,05	1	1,315	40	1,049	0,128	0,25
P-104	378,789	½	0,840	40	0,622	0,092	0,1
P-105	0,702	1/8	0,405	40	0,269	0,1	0,25
P-106	387,256	1 ¼	0,269	40	2,087	0,065	0,1

Kode Pompa	Laju alir (Kg/jam)	Nominal Pipe size (ft ²)	Outside Diameter (in)	Schedule Number	Inside Dieiameter (in)	Daya (Hp)	Daya Standar (Hp)
P-107	378,78	1 ¼	0,269	40	1,62	0,25	0,3
P-108	378,78	1 ¼	0,269	40	0,9344	0,267	0,3



LAMPIRAN D

UTILITAS

WATER TRETMENT PLANT (WTP)

D.1 Bak Penampungan Water Intake (B-201)



Kode : B-201

Fungsi : Menampung air sungai yang akan digunakan

Tipe : Bak dengan permukaan berbentuk persegi

Bahan konstruksi : Beton

Jumlah : 1 unit

Laju alir kebutuhan sungai, $F = 15.202,924 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Laju volume air total,

$$Q = \frac{F}{\rho}$$
$$= \frac{15.202,924 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 15,203 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Direncanakan bak ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari, sehingga:

Volume air dalam bak = $15,203 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$

$$= 364,870 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan untuk mengatasi jika terjadi kebocoran ataupun masalah lainnya, maka volume bak penampungan adalah:

$$V_{\text{Bak}} = 1,2 \times 364,870 \text{ m}^3$$

$$= 437,844 \text{ m}^3$$

Dimensi bak yang direncanakan,

$$\text{Panjang} = 3h$$

$$\text{Lebar} = 2h$$

$$\text{Tinggi} = h$$

$$\text{Volume bak} = \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$437,844 \text{ m}^3 = 3h \times 2h \times h$$

$$72,974 \text{ m}^3 = h^3$$

$$h = 4,179 \text{ m}$$

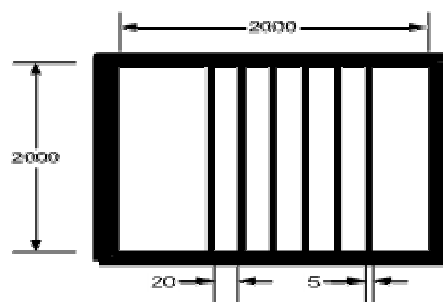
Maka diperoleh,

$$\text{Panjang} = 3h = 3 \times 4,179 \text{ m} = 12,537 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2h = 2 \times 4,179 \text{ m} = 8,358 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = h = 1 \times 4,179 \text{ m} = 4,179 \text{ m}$$

D.2 Screening (SC-202)



Kode : SC-202

Fungsi : Menyaring partikel-partikel berukuran besar dari air sungai yang ada pada bak penampungan.

Tipe : *Bar screen*

Material : *Stainless steel*

Jumlah : 2 Unit

Temperature air, T = 30°C

Laju alir kebutuhan sungai, F = 15.202,924 kg/jam

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Laju volume air total,
$$Q = \frac{F}{\rho \times 3.600 \text{ s/jam}}$$
$$= \frac{15.202.924 \text{ kg/jam}}{1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3.600 \text{ s/jam}}$$
$$= 0.00422 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari *Physical-Chemical Treatment of Water and Wastewater*, diperoleh ukuran

Bar: Lebar *bar* = 5 mm

Tebal *bar* = 20 mm

Bar clear spacing = 20 mm

Direncanakan ukuran screening:

Panjang *screen* = 2 m

Lebar *screen* = 2 m

Jika jumlah *bar* = x, maka:

$$5x + 20(x + 1) = 2.000$$

$$\begin{aligned}
25x + 20 &= 2.000 \\
25x &= 1980 \\
x &= 79,2 = 79 \text{ buah} \\
\text{Luas bukaan, } A_2 &= 20 (79 + 1) \times 2.000 \\
&= 3.200.000 \text{ mm}^2 \\
&= 3,2 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Asumsi, *Coefficient of discharge* (Cd) = 0,6 dan 30% *screen* yang tersumbat (Davis, 2010)

$$\begin{aligned}
\text{Head Loss } (\Delta h) &= \frac{Q^2}{2 g C_d^2 A_2^2} \\
&= \frac{(0,00422 \text{ m}^3/\text{s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 (0,6)^2 \times ((1-0,3) \times 3,2 \text{ m}^2)^2} \\
&= 5,037 \times 10^{-7} \text{ m} = 5,037 \times 10^{-4} \text{ m}
\end{aligned}$$

D.3 Pompa I (P-201)

Kode : P-201

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampungan (*water intake*) ke tangki *clarifier*

Tipe : *Centrifugal pump*

Tujuan :

- a. Mengetahui tipe pompa
- b. Menentukan bahan konstruksi dari pompa

c. Menghitung tenaga pompa

d. Menghitung tenaga motor

Menentukan tipe pompa

Dalam perancangan ini dipilih pompa sentrifugal dengan pertimbangan:

1. Konstruksi sederhana;
2. Harga relative murah;
3. Kecepatan aliran seragam;
4. Biaya perawatan yang rendah;
5. Proses pengoperasian yang mudah; dan
6. Dapat disesuaikan dengan menggunakan motor penggerak atau turbin. Perry (2008) dalam Thursina, AR & Bilqis, N (2019)

Menentukan bahan konstruksi

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Cast iron & API 610* dengan pertimbangan:

1. Bahaya kuat dan tahan terhadap korosi;
2. Suhu yang maksimal = $212^{\circ}\text{F} = 100^{\circ}\text{C}$
3. Batas tekanan yang diizinkan besar (s/d 12.900 psi).

Kapasitas dan laju alir

Kapasitas, $m = 15.202,924 \text{ kg/jam}$

$$= 33.516,670 \text{ lb/Jam}$$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$= 62,428 \text{ lb/ft}^3$$

Laju alir, $QF = \frac{m}{\rho}$

$$= \frac{33.516,670 \text{ lb/Jam}}{62.428 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 536,885 \text{ ft}^3/\text{Jam}$$

$$= 0,149 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 0,00422 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diasumsikan faktor keamanan yakni 10%, maka:

$$Q_f = 1,1 \times 536,885 \text{ ft}^3/\text{Jam}$$

$$= 590,574 \text{ ft}^3/\text{Jam}$$

$$= 0,164 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 0,00465 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diameter optimal pipa

Rumus untuk aliran turbulen pada pipa,

$$D_{i,opt} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

(Pers 15, hal 496, Peters 4th edition, 1991)

Dimana:

D_i = Diameter pipa (in)

Q_F = Debit pemompaan (ft^3/s)

ρ = Densitas fluida (lb/ft^3)

maka,

$$D_{i,opt} = 3,9 (0,164 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} (62,428 \text{ lb}/\text{ft}^3)^{0,13}$$

$$= 2,959 \text{ in} \sim 3 \text{ in}$$

Nominal Pipe Size (in.)	Outside Diameter		Schedule Number	Wall Thickness		Inside Diameter		Inside Cross-Sectional Area	
	in.	mm		in.	mm	in.	mm	ft ²	m ² × 10 ⁴
1/8	0.405	10.29	40	0.068	1.73	0.269	6.83	0.00040	0.3664
			80	0.095	2.41	0.215	5.46	0.00025	0.2341
1/4	0.540	13.72	40	0.088	2.24	0.364	9.25	0.00072	0.6720
			80	0.119	3.02	0.302	7.67	0.00050	0.4620
3/8	0.675	17.15	40	0.091	2.31	0.493	12.52	0.00133	1.231
			80	0.126	3.20	0.423	10.74	0.00098	0.9059
1/2	0.840	21.34	40	0.109	2.77	0.622	15.80	0.00211	1.961
			80	0.147	3.73	0.546	13.87	0.00163	1.511
3/4	1.050	26.67	40	0.113	2.87	0.824	20.93	0.00371	3.441
			80	0.154	3.91	0.742	18.85	0.00300	2.791
1	1.315	33.40	40	0.133	3.38	1.049	26.64	0.00600	5.574
			80	0.179	4.45	0.957	24.31	0.00499	4.641
1 1/4	1.660	42.16	40	0.140	3.56	1.380	35.05	0.01040	9.648
			80	0.191	4.85	1.278	32.46	0.00891	8.275
1 1/2	1.900	48.26	40	0.145	3.68	1.610	40.89	0.01414	13.13
			80	0.200	5.08	1.500	38.10	0.01225	11.40
2	2.375	60.33	40	0.154	3.91	2.067	52.50	0.02330	21.65
			80	0.218	5.54	1.939	49.25	0.02050	19.05
2 1/2	2.875	73.03	40	0.203	5.16	2.469	62.71	0.03322	30.89
			80	0.276	7.01	2.323	59.00	0.02942	27.30
3	3.500	88.90	40	0.216	5.49	3.068	77.92	0.05130	47.69
			80	0.300	7.62	2.900	73.66	0.04587	42.61
3 1/2	4.000	101.6	40	0.226	5.74	3.548	90.12	0.06870	63.79
			80	0.318	8.08	3.364	85.45	0.06170	57.35
4	4.500	114.3	40	0.237	6.02	4.026	102.3	0.08840	82.19
			80	0.337	8.56	3.826	97.18	0.07986	74.17
5	5.563	141.3	40	0.258	6.55	5.047	128.2	0.1390	129.1
			80	0.375	9.53	4.813	122.3	0.1263	117.5
6	6.625	168.3	40	0.280	7.11	6.065	154.1	0.2006	186.5
			80	0.432	10.97	5.761	146.3	0.1810	168.1
8	8.625	219.1	40	0.322	8.18	7.981	202.7	0.3474	322.7
			80	0.500	12.70	7.625	193.7	0.3171	294.7

Sumber : *Transport processes and unit operations*, Geankoplis (1993).

Berdasarkan Tabel, dipilih pipa dengan spesifikasi:

- Diameter nominal = 3 in = 0,250 ft
- *Outside diameter* (OD) = 3,5 in = 0,292 ft
- *Inside diameter* (ID) = 3,068 in = 0,256 ft
- *Inside sectional area* (A) = 0,0513 ft²
- *Schedule number* = 40

Menghitung kecepatan linier fluida

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q^F}{A} \\&= \frac{0,164 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0513 \text{ ft}^2} \\&= 3,198 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

Menghitung bilangan Reynold

Viskositas air, μ = 0,8007 cp (Geankoplis, 2003)

$$= 1,937 \text{ lbm/ft.Jam}$$

$$= 0,00054 \text{ lbm/ft.s}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{D_i \times v \times \rho}{\mu} \\&= \frac{0,250 \text{ ft} \times 3,198 \text{ ft/s} \times 62,428 \text{ lb/ft}^3}{0,00054 \text{ lbm/ft.s}} \\&= 92.755,060\end{aligned}$$

Karena $N_{Re} > 2100$, maka alirannya bersifat turbulen.

Menentukan faktor friksi dalam pipa

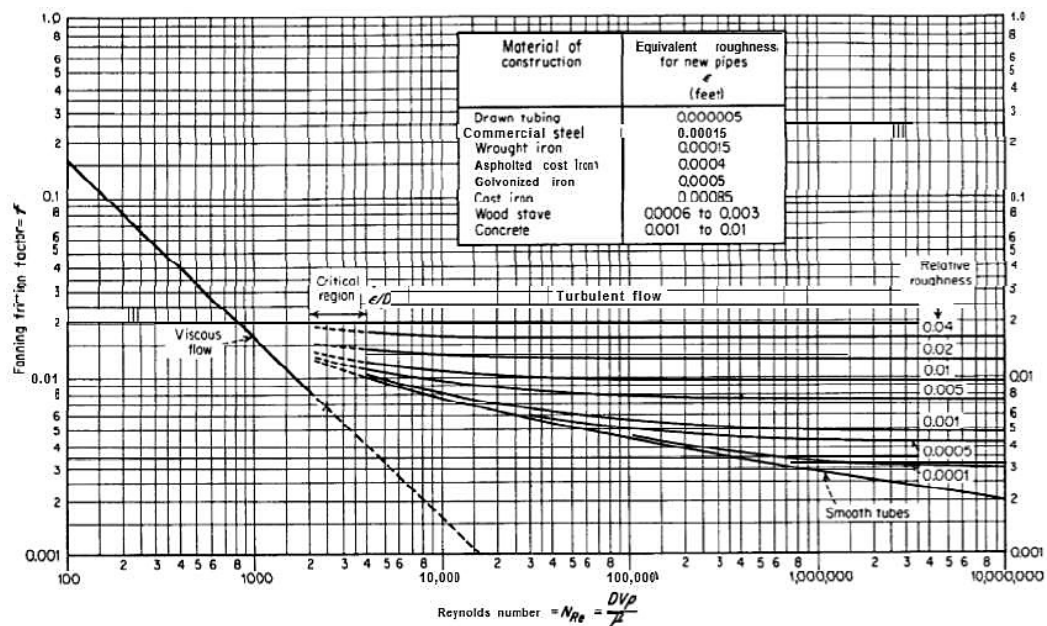
$$N_{Re} = 92.755,060$$

$$ID = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft} = 0,0779 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,00085 \text{ ft (Cast iron)}$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00085 \text{ ft}}{0,256 \text{ ft}}$$

$$= 0,00332$$



Sumber : *Plant design and economics for chemical engineers, Peters, Fig 14-1*

Berdasarkan Gambar tersebut, untuk ϵ/D vs N_{Re} diatas, diperoleh $f = 0,007$ (Fig 14-1 Peters, 1991)

Menghitung instalasi pipa

Berdasarkan Gambar D.4, untuk ϵ/D vs N_{Re} diatas, diperoleh

$f = 0,007$ (Fig 14-1 Peters, 1991)

Menghitung instalasi pipa

- Pipa lurus horizontal $L = 9,843$ ft
 - Pipa lurus vertikal $L = 6,562$ ft
 - Elbow 90° , 2 buah, $L/D = 32$ (Peters, 1991) $L = 16,362$ ft
 - Gate valve fully open, 2 buah, $L/D = 7$ (Peters, 1991) $L = 1,790$ ft
 - Sharp edge exit ($k=1$), 1 buah, $L/D = 57$ $L = 14,572$ ft
 - Sharp edge entrance ($k = 0,5$), 1 buah, $L/D = 28$ $L = 7,158$ ft
- Total Panjang ekivalen (L_e) $L = 56,287$ ft

Menghitung *Friction* pada pipa lurus

$$g_c = 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbm} \quad (\text{Peters, 1991})$$

$$F_p = \frac{2f \times v^2 \times \sum L_e}{ID \times g_c}$$

Dimana:

F_p = Friksi pada pipa lurus (lbf.ft/lbm)

v = Kecepatan linear fluida (ft/s)

g_c = *Convesion factor in Newton`s law of motion*

ID = *Inside Diameter* (ft)

Perhitungan pada friksi pipa lurus,

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{2f \times v^2 \times \sum L_e}{ID \times g_c} \\ &= \frac{2(0,007) \times (3,198 \text{ ft/s})^2 \times 56,287 \text{ ft}}{0,256 \text{ ft} \times 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbm}} \\ &= 0,980 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Menghitung *Friction* pada *Enlargement*

Perhitungan gesekan *Table 1 page 484* (Peters, 1991):

Sudden enlargement (F_e)

$$F_e = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

Dimana:

F_e = *Sudden enlargement* (lbf.ft/lbm)

α = *Correction coefficient*

Untuk aliran turbulen ($N_{Re} > 4.000$) nilai $\alpha = 1$; dan streamline flow ($N_{Re} > 2100$)

nilai $\alpha = 0,5$.

$$\begin{aligned}
 F_e &= \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\
 &= \frac{(3,198 \frac{\text{ft}}{\text{s}} - 0)^2}{2 \times 1 \times 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbfm}} \\
 &= 0,159 \text{ lbf.ft/lbfm}
 \end{aligned}$$

Menghitung *Friction* pada *Contraction*

Sudden contraction (F_c)

Perhitungan gesekan *Table 1 page 484* (Peters, 1991):

$$F_c = \frac{K_c \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

Dimana:

F_c = *Sudden contraction* (lbf.ft/lbfm)

K_c = *Frictional loss coefficient*

v = Kecepatan aliran fluida (ft/s)

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{K_c \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \\
 &= \frac{0,5 \times (3,198 \frac{\text{ft}}{\text{s}})^2}{2 \times 1 \times 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbfm}} \\
 &= 0,079 \text{ lbf.ft/lbfm}
 \end{aligned}$$

Menghitung *Friction* pada *Elbow*

Perhitungan gesekan *Table 1 page 484* (Peters, 1991):

$$\begin{aligned}
 F_w &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{ID \times g_c} \\
 &= \frac{2(0,007) \times (3,198 \frac{\text{ft}}{\text{s}})^2 \times 16,362 \text{ ft}}{0,256 \text{ ft} \times 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbfm}} \\
 &= 0,285 \text{ lbf.ft/lbfm}
 \end{aligned}$$

Menghitung *Friction* pada *Gate Valve*

Perhitungan gesekan *Table 1 page 485* (Peters, 1991):

$$\begin{aligned} F_g &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{ID \times g_c} \\ &= \frac{2(0,007) \times \left(3,198 \frac{\text{ft}}{\text{s}}\right)^2 \times 1,790 \text{ ft}}{0,256 \text{ ft} \times 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbm}} \\ &= 0,031 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Total gesekan keseluruhan (Σf) pada pipa

$$\begin{aligned} (\Sigma f) &= F_p + F_e + F_c + F_w + F_g \\ &= (0,980 + 0,159 + 0,079 + 0,285 + 0,031) \text{ lbf.ft/lbm} \\ &= 1,534 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Menghitung *static head*

$$\begin{aligned} z_1 &= 0,5 \text{ m} \\ z_2 &= 4,179 \text{ m} \\ \Delta z &= z_2 - z_1 \\ &= (4,179 - 0,5) \text{ m} \\ &= 3,679 \text{ m} = 12,069 \text{ ft} \end{aligned}$$

Conversion factor in Newton`s law of motion (g_c) = 32,17 lbf.ft.s²/lbm

Local gravitational acceleration (g) = 32,17 ft/s (Peters, 1991)

$$\text{Static head, } \Delta z \times \frac{g}{g_c} = 12,069 \text{ ft} \times \frac{32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbm}}{32,17 \text{ ft/s}} = 7,655 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$\text{Velocity head, } \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{(3,198 \frac{\text{ft}}{\text{s}})^2}{2 \times 1 \times 32,17 \text{ lbf.ft.s}^2/\text{lbm}} = 0,159 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$\text{Pressure head } \frac{\Delta P}{\rho} = 0$$

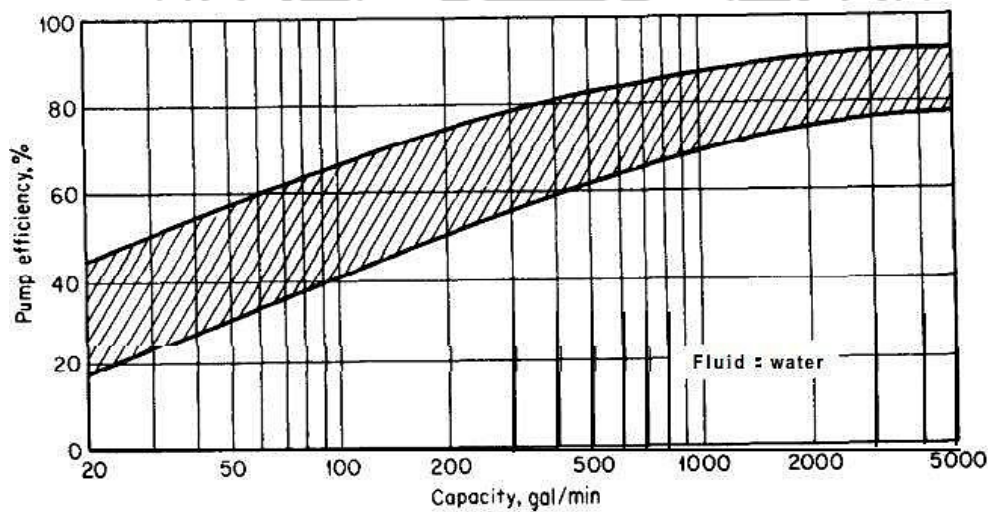
Menghitung daya pompa

Perhitungan gesekan *Table 1 page 486* (Peters, 1991):

$$\begin{aligned}
 W &= \Delta z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} \\
 &= (7,655 + 0,159 + 0) \text{ lbf.ft/lbm} \\
 &= 13,763 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas pompa = $Q_f = 0,164 \text{ ft}^3/\text{s} = 73,630 \text{ gal/menit}$

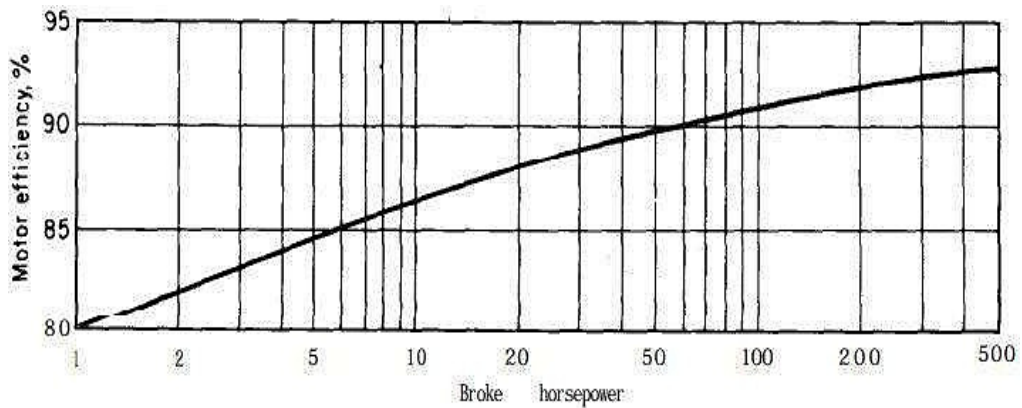
$$\begin{aligned}
 P \text{ teoritis} &= \frac{Q_f \times \rho \times W}{550} \\
 &= \frac{0,164 \text{ .ft}^3/\text{s} \times 62,428 \text{ lb/ft}^3 \times 13,763 \text{ lbf.ft/lbm}}{550} \\
 &= 0,256 \text{ HP}
 \end{aligned}$$



Sumber : *Plant design and economics for chemical engineers*, Peters, Fig 14.37

Dari Gambar tersebut, untuk kapasitas pompa 448,831 gal/menit, maka efisiensi pompa = 81%.

$$P \text{ aktual (BHP)} = \frac{P \text{ teoritis}}{\eta} = \frac{0,256 \text{ HP}}{0,81} = 0,316 \text{ HP}$$

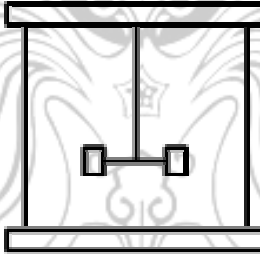


Sumber : *Plant design and economics for chemical engineers, Peters, Fig 14.38*

Dari Gambar tersebut, untuk P aktual = 0,316 HP, maka efisiensi motor = 80%, maka power motor yang diperlukan:

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{aktual}}}{\eta} = \frac{0,316 \text{ HP}}{0,80} = 0,395 \text{ HP}$$

D.4 Tangki Pelarutan Alum (T-201)



Kode : T-201

Fungsi : Melarutkan dan menyimpan larutan alum

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Data desain:

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang paling optimal yakni 50 ppm dengan efisiensi 74,57% (Mayasari & Hastarina, 2018).

$$\text{Laju air} = 15.202,924 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Laju air limbah} = 8.063,338 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Total} = (15.202,924 + 8.063,338) \text{ Kg/Jam}$$

$$= 23.266,263 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Kebutuhan alum} = 23.266,263 \text{ Kg/Jam} \times 50 \times 10^{-6}$$

$$= 1,163 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Densitas alum} = 2,672 \text{ g/cm}^3 = 2.672 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Temperatur} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Lama penyimpanan} = 30 \text{ hari}$$

Menghitung kapasitas tangki

Koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang digunakan adalah berupa larutan 30% berat.

$$\text{Densitas larutan alum} = (30\% \times 2672) + (70\% \times 1.000) \text{ Kg/m}^3$$

$$= 1501,6 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Laju alir alum, F} = 1,163 \text{ Kg/Jam (30\%)}$$

$$= 0,349 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Volume tangki, Vt} = \frac{30 \text{ hari} \times 24 \frac{\text{Jam}}{\text{hari}} \times 0,228 \text{ Kg/Jam}}{1501,6 \text{ Kg/m}^3}$$

$$= 0,167 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan = 20%, sehingga volume tangki total (VT) adalah:

$$\text{VT} = (100 + 20)\% \times 0,167 \text{ m}^3$$

$$= 0,201 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki pelarutan alum

$$\text{Rasio D/H} = 1$$

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} D^2 h$$

$$= \frac{\pi}{4} D^3$$

$$= 0,785 D^3$$

$$0,201 \text{ m}^3 = 0,785 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,201 \text{ m}^3}{0,785}}$$

$$= 0,635 \text{ m} = 2,083 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Tangki, } h = D$$

$$= 0,635 \text{ m} = 2,083 \text{ ft} = 21,687 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari tinggi silinder, } R = 0,317 \text{ m} = 0,904 \text{ ft} = 10,844 \text{ in}$$

Menghitung tebal dinding tangki

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\text{Tinggi larutan dalam tangki, } h = \frac{4 V_t}{\pi D^2}$$

$$= \frac{4 \times 0,109 \text{ m}^3}{3,14 \times (0,635)^2}$$

$$= 0,529 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik, } P = \rho \times g \times h$$

$$= 2.672 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,529 \text{ m}$$

$$= 13.852,150 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,137 \text{ atm} = 2,009 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan } design, P_1 = (2,009 \text{ psi} + 14,696) \text{ psi}$$

$$= 16,705 \text{ psi}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 16,705 \text{ psi} \\ &= 20,046 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-283 grade A* (Brownell, 1979) diperoleh data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 20,046 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 10,844 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.350 \text{ psi}$$

$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

Maka,

$$\begin{aligned} t &= \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C \\ &= \frac{(20,046 \text{ psi} \times 10,844 \text{ in})}{10.350 \text{ psi} \times 0,850 - 0,6 \times 20,046 \text{ psi}} + 0,125 \\ &= 0,15 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan tebal shell yakni 3/16 in

Menentukan rancangan pengaduk

Penentuan jenis pengasuk yang digunakan berdasarkan kecepatan pengadukan,

Data-data yang diperlukan

$$\text{Viskositas campuran, } \mu = 0,002 \text{ kg/m.s} \quad (\text{Soboleva, 2019})$$

$$\text{Densitas campuran, } \rho = 1.501,6 \text{ kg/m}^3$$

Jenis pengaduk = Propeller

Diameter tangki = 0,635 m

Jumlah baffle = 4 buah

Dengan menggunakan rumus pada Tabel 3.4-1 (Geankoplis, 1997) dapat dihitung perbandingan ukuran pengaduk dan tangki.

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}; \frac{H}{D_t} = 1; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{E}{D_a} = 1; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Diameter tangki, D_t = 0,635 m

Diameter impeller, D_a
= $\frac{1}{3} D_t$
= $\frac{1}{3} \times 0,635 \text{ m}$
= 0,212 m = 8,331 in

Lebar pengaduk, W
= $\frac{1}{5} D_a$
= $\frac{1}{5} \times 0,212 \text{ m}$
= 0,042 m

Jarak pengaduk dari dasar tangki, E
= $\frac{1}{3} D_t$
= $\frac{1}{3} \times 0,635 \text{ m}$
= 0,212 m

Panjang daun pengaduk, L
= $\frac{1}{4} D_a$
= $\frac{1}{4} \times 0,212 \text{ m}$
= 0,053 m

Lebar baffle, J
= $\frac{1}{12} D_t$
= $\frac{1}{12} \times 0,635 \text{ m}$
= 0,053 m = 2,083 in

Menentukan kecepatan pengaduk

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$= 62,428 \text{ lb/ft}^3$$

Densitas campuran, $\rho = 1.501,6 \text{ Kg/m}^3$

$$= 93,742 \text{ lb/ft}^3$$

Specific gravity, $Sg = \frac{\rho \text{ campuran}}{\rho \text{ air}}$

$$= \frac{93,742}{62,428}$$

$$= 1,502$$

Tinggi larutan, $h = 0,529 \text{ m} = 1,736 \text{ ft}$

WELH $= h \times sg$

$$= 1,736 \text{ ft} \times 1,502$$

$$= 2,606 \text{ ft}$$

Jumlah Pengaduk $= \frac{\text{WELH}}{D}$

$$= \frac{2,606}{1,807} = 1,4 \approx 1$$

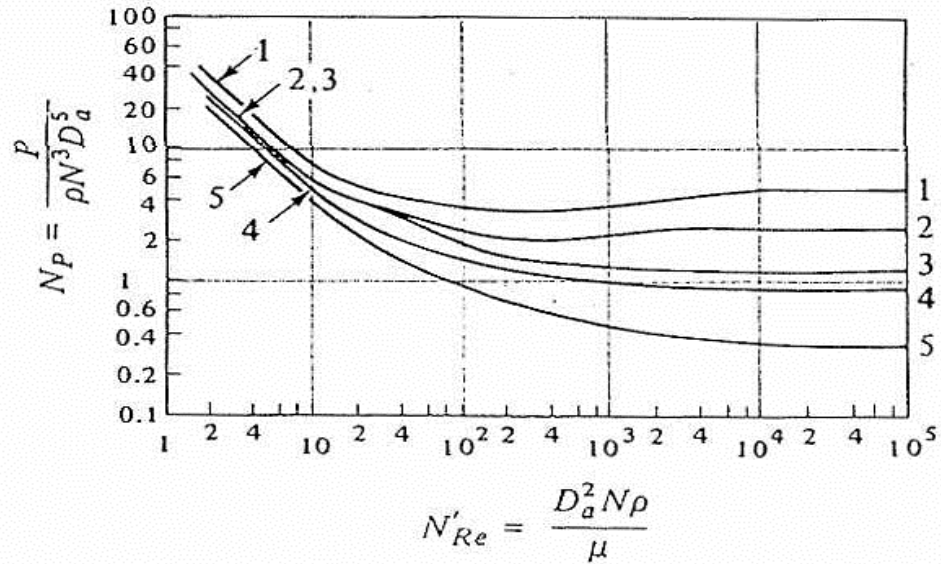
N $= \frac{600}{\pi} \times \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \times Da}}$

$$= 9,072 \text{ rpm} = 0,15 \text{ rps}$$

$N_{Re} = \frac{Da^2 \times n \times \rho}{\mu}$

$$= \frac{(0,212 \text{ m})^2 \times 0,15 \text{ rps} \times 1.501,6 \text{ Kg/m}^3}{0,002 \text{ Kg/m.s}}$$

$$= 5.082,599$$



Sumber : *Transport processes and unit operations*, Geankoplis, Fig 3.4-4

Keterangan:

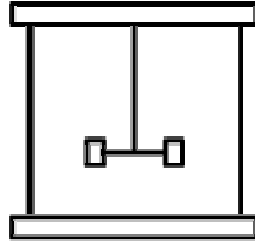
1. Flat six-blade turbine with disk
2. Flat six-blade open turbine
3. Six-blade open turbine but blades at 45°
4. Propeller, pitch = 2 Da
5. Propeller, pitch = Da

Dari Gambar tersebut, untuk $N'Re = 5.082,599$ diperoleh $N_p = 0,8$ dengan jenis propeller, pitch 2 Da Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P &= N_p \rho n^3 D_a^5 \\
 &= 427,977 \text{ J/s} \\
 &= 0,574 \text{ hP}
 \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor sebesar 80%, maka kebutuhan daya, $P = 0,7 \text{ hP}$.

D.5 Tangki Pelarutan Soda Abu (T-202)



Kode : T-202

Fungsi : Melarutkan dan menyimpan larutan soda abu

Tipe : Silinder vertical dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Perbandingan larutan alum dan soda abu 1 : 0,54.

Total alum yang dibutuhkan = 1,163 Kg/Jam

Kebutuhan soda abu = 1,163 Kg/Jam \times 0,54

= 0,628 Kg/Jam

Menurut *U.S Geolical Survey TWRI Book* setiap 1 air membutuhkan soda abu sebanyak 84,4 gram.

Kebutuhan untuk bak netralisasi = $\frac{8.063,338 \text{ Kg/Jam}}{2.540 \text{ Kg/m}^3}$

= 3,174 m³/Jam

= 3,174 m³/Jam \times 0,085 Kg

= 0,269 Kg/Jam

Total = (0,628 + 0,269) Kg/Jam

= 0,897 Kg/Jam

$$\text{Densitas soda abu} = 2.540 \text{ Kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas larutan soda abu} &= (30\% \times 2.540 \text{ Kg/m}^3) + (70\% \times 1.000 \text{ kg/m}^3) \\ &= 1.462 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Temperatur} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Lama penyimpanan} = 30 \text{ hari}$$

Menghitung kapasitas tangki

$$\begin{aligned}\text{Laju alir soda abu, } F &= 0,897 \text{ Kg/Jam (30\%)} \\ &= 0,269 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki, } V_t &= \frac{30 \text{ hari} \times 24 \frac{\text{Jam}}{\text{hari}} \times 0,269 \text{ Kg/Jam}}{1.462 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,133 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Faktor keamanan = 20%, sehingga volume tangki total (VT) adalah:

$$\begin{aligned}VT &= (100 + 20)\% \times 0,133 \text{ m}^3 \\ &= 0,159 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki pelarutan soda abu

$$\text{Rasio D/H} = 1$$

$$\begin{aligned}\text{Volume silinder} &= \frac{\pi}{4} D^2 Dt \\ &= \frac{\pi}{4} D^3 f\end{aligned}$$

$$= 0,785 D^3$$

$$0,159 \text{ m}^3 = 0,785 D^3$$

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{0,159 \text{ m}^3}{0,785 D^3}}$$

$$= 0,587 \text{ m} = 1,927 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki, $h = Dt$

$$= 0,587 \text{ m} = 1,927 \text{ ft} = 23,126 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 0,294 \text{ m} = 0,964 \text{ ft} = 11,563 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

Tinggi larutan dalam tangki, $h = \frac{4 V_t}{\pi D t^2}$

$$= \frac{4 \times 0,159 \text{ m}^3}{3,14 \times (0,587)^2}$$

$$= 0,489 \text{ m} = 1,606 \text{ ft}$$

Tekanan hidrostatik, P

$$= \rho \times g \times h$$

$$= 2.540 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,489 \text{ m}$$

$$= 12.184,611 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,120 \text{ atm} = 1,767 \text{ psi}$$

Tekanan awal, P_0

$$= 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

Tekanan *design*, P_1

$$= (1,767 + 14,696) \text{ psi}$$

$$= 16,463 \text{ psi}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$P_1 = (100 + 20)\% \times 16,463 \text{ psi}$$

$$= 19,755 \text{ psi}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-283 grade A* (Brownell, 1979) diperoleh

data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 19,755 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 11,563 \text{ in}$$

S = Allowable stress, psi = 10.350 psi

E = welded-point efficiency = 0,850

C = Corrosion rate = 0,125

Maka,

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$
$$= \frac{(19,755 \text{ psi} \times 11,563 \text{ in})}{10,350 \text{ psi} \times 0,850 - 0,6 \times 19,755 \text{ psi}} + 0,125$$
$$= 0,151 \text{ in}$$

Digunakan tebal shell yakni 3/16 in

Menentukan rancangan pengaduk

Penentuan jenis pengasuk yang digunakan berdasarkan kecepatan pengadukan,

Data-data yang diperlukan

Viskositas campuran, $\mu = 0,002 \text{ kg/m.s}$ (Soboleva, 2019)

Densitas campuran, $\rho = 1.462 \text{ kg/m}^3$

Jenis pengaduk = Propeller

Diameter tangki = 0,587 m

Jumlah baffle = 4 buah

Dengan menggunakan rumus pada Tabel 3.4-1 (Geankoplis, 1997) dapat dihitung perbandingan ukuran pengaduk dan tangki.

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}; \frac{H}{D_t} = 1; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{E}{D_a} = 1; \frac{w}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Diameter tangki, D_t = 0,587 m

Diameter impeller, D_a = $\frac{1}{3} D_t$

$$= \frac{1}{3} \times 0,587 \text{ m}$$

$$= 0,196 \text{ m} = 7,709 \text{ in}$$

Lebar pengaduk, W $= 1/5 \text{ Da}$

$$= 1/5 \times 0,196 \text{ m}$$

$$= 0,039 \text{ m}$$

Jarak pengaduk dari dasar tangki, E $= 1/3 \text{ Dt}$

$$= 1/3 \times 0,587 \text{ m}$$

$$= 0,196 \text{ m}$$

Panjang daun pengaduk, L $= 1/4 \text{ Da}$

$$= 1/4 \times 0,196 \text{ m}$$

$$= 0,049 \text{ m}$$

Lebar baffle, J $= 1/12 \text{ Dt}$

$$= 1/12 \times 0,587 \text{ m}$$

$$= 0,049 \text{ m} = 1.927 \text{ in}$$

Menentukan kecepatan pengaduk

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$= 62,428 \text{ lb/ft}^3$$

Densitas campuran, $\rho = 1.462 \text{ kg/m}^3$

$$= 91,269 \text{ lb/ft}^3$$

Specific gravity, $S_g = \frac{\rho \text{ campuran}}{\rho \text{ air}}$

$$= \frac{91,269}{62,428}$$

$$= 1,462$$

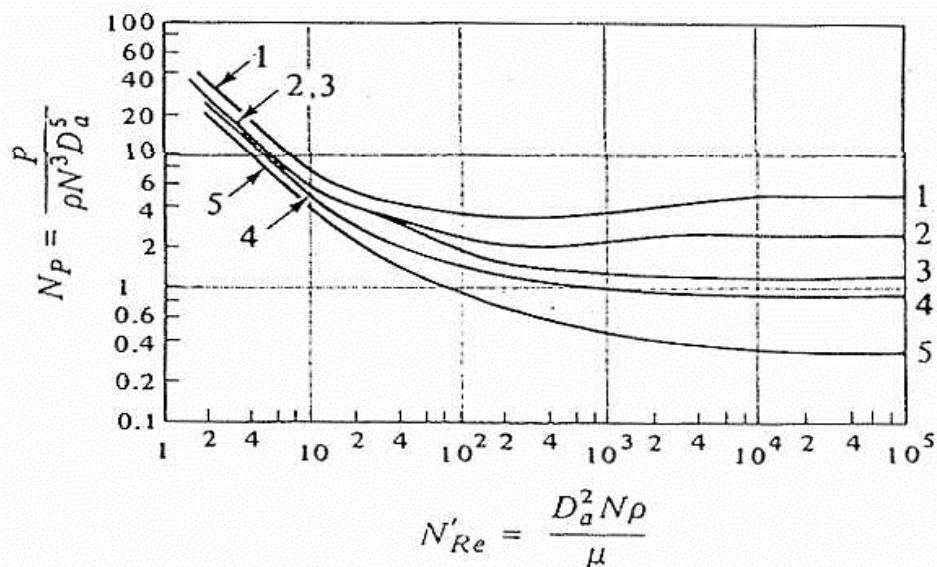
Tinggi larutan, $h = 0,489 \text{ m} = 1,606 \text{ ft}$

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= h \times sg \\ &= 1,606 \text{ ft} \times 1,462 \\ &= 2,348 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pengaduk} &= \frac{\text{WELH}}{D} \\ &= \frac{2,348}{1,927} = 1,2 \approx 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{600 \times \sqrt{\text{WELH}}}{\pi \sqrt{2 \times Da}} \\ &= 9,673 \text{ rpm} = 0,16 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{Da^2 \times n \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{(0,196 \text{ m})^2 \times 0,16 \text{ rps} \times 1.462 \text{ Kg/m}^3}{0,002 \text{ Kg/m.s}} \\ &= 4.518,275 \end{aligned}$$



Sumber : *Transport processes and unit operations*, Geankoplis, Fig 3.4-4

Keterangan:

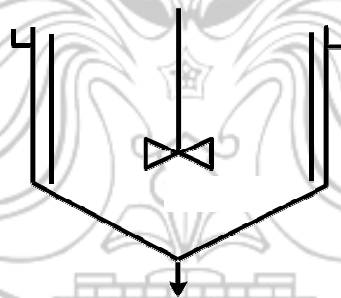
1. Flat six-blade turbine with disk
2. Flat six-blade open turbine
3. Six-blade open turbine but blades at 45°
4. Propeller, pitch = 2 Da
5. Propeller, pitch = Da

Dari gambar tersebut, untuk $NRe = 4.518,275$ diperoleh $Np = 0,8$ dengan jenis propeller, pitch 2 Da Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P &= Np \rho n^3 Da^5 \\
 &= 304,681 \text{ J/s} \\
 &= 0,409 \text{ hP}
 \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor sebesar 80%, maka kebutuhan daya, $P = 0,5 \text{ hP}$.

D.6 Clarifier (CL-201)



Kode : CL-201

Fungsi : Mengendapkan flok yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu.

Tipe : Tangki dengan bagian bawah berbentuk konis

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-129 grade A

Temperature, T = 30°C

Laju alir kebutuhan sungai, $F = 15.202,924 \text{ kg/jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)
 $= 62,428 \text{ lb/ft}^3$

Waktu pengendapan = 1 Jam

Volume yang mengisi tangki (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{F}{\rho_{\text{air}}} \times \text{Waktu pengendapan} \\ &= \frac{15.202,924 \text{ kg/jam}}{1.000 \text{ Kg/m}^3} \times 1 \text{ Jam} \\ &= 15,203 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Banyaknya clarifier yang akan digunakan adalah 1 unit, sehingga:

$$\begin{aligned} V &= \frac{v}{\text{Jumlah tangki}} \\ &= \frac{15,203 \text{ m}^3}{1} \\ &= 15,203 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dirancang tangki pelarutan koagulan dengan over design 20%, maka volume tangki yakni:

$$\begin{aligned} V_t &= (100 + 20)\% \times V \\ &= 1,2 \times 15,203 \text{ m}^3 \\ &= 18,243 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jika ditetapkan ukuran tangki $H/D = 1,5$ dengan sudut kronis 45° maka,

$V_t = \text{Volume silinder } (V_s) + \text{Volume kronis } (V_c)$

Dimana,

$$V_s = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4}$$

$$= \frac{3,14 \times D^2 \times 1,5 D}{4}$$

$$= 1,1775 D^3$$

$$V_c = \frac{\pi \times D^2 \times h}{12}, \text{ tinggi kronis, } h = \frac{1}{2} D \times \tan 45^\circ, \tan 45^\circ = 1$$

$$= \frac{3,14 \times D^2 \times 0,5 D}{12}$$

$$= 0,131 D^3$$

Maka volume tangki, V_t :

$$V_t = \text{Volume silinder (Vs) + Volume kronis (Vc)}$$

$$= 1,1775 D^3 + 0,131 D^3$$

$$= 1,308 D^3$$

$$18,243 \text{ m}^3 = 1,308 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{18,243 \text{ m}^3}{1,308 D^3}}$$

$$= 2,407 \text{ m}$$

$$H = 1,5 D$$

$$= 1,5 \times 2,407 \text{ m}$$

$$= 3,610 \text{ m}$$

$$h = \frac{1}{2} D \times \tan 45^\circ$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,407 \text{ m} \times 1$$

$$= 1,203 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = (3,610 + 1,203) \text{ m}$$

$$= 4,814 \text{ m}$$

Desain pengaduk *clarifier*

Dipilih jenis pengaduk six-plate blade turbin 4 baffle dengan konfigurasi pengaduk sebagai berikut: (Brown, hal. 507)

$$\begin{aligned}\text{Diameter impeller, } D_a &= 1/3 D \\ &= 1/3 \times 2,407 \text{ m} \\ &= 0,802 \text{ m} = 2,632 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang daun pengaduk, } L &= 1/4 D_a \\ &= 1/4 \times 0,802 \text{ m} \\ &= 0,201 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar blade, } J &= 0,17 D_a \\ &= 0,17 \times 0,802 \text{ m} \\ &= 0,136 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar baffle, } W &= 0,1 D_a \\ &= 0,1 \times 0,802 \text{ m} \\ &= 0,080 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak pengaduk dari dasar tangki, } E &= 1,3 \times D_a \\ &= 1,3 \times 0,802 \text{ m} \\ &= 1,043 \text{ m}\end{aligned}$$

Menentukan power pengaduk

Diketahui :

$$N = 45 \text{ rpm} = 0,75 \text{ rps} \quad (\text{Anhar et al., 2021})$$

$$\text{Densitas air, } \rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3 \quad (\text{Perry, 1997})$$

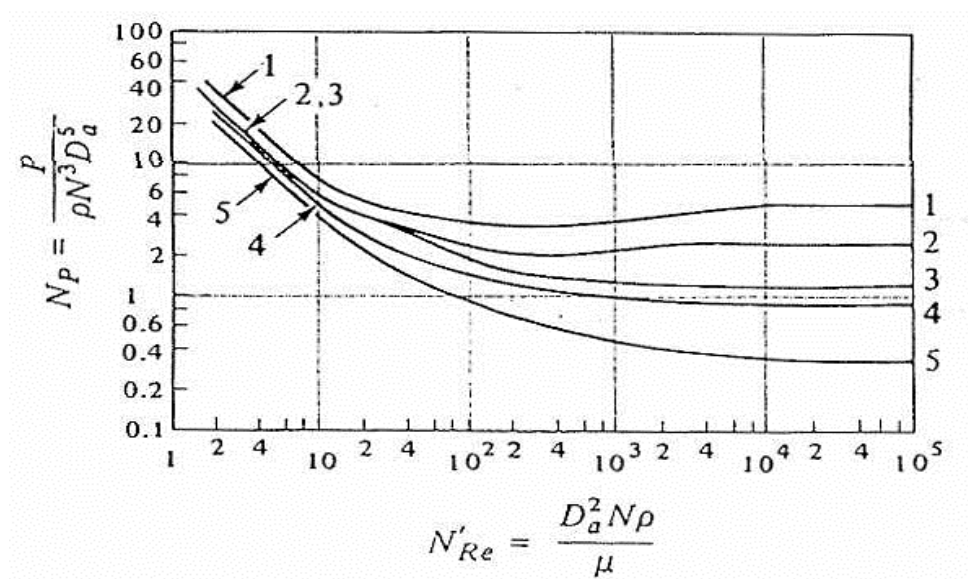
$$= 62,428 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ air} = 0,899 \text{ Cp} = 0.0006 \text{ lb/ft.s}$$

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 \times N \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{(2,632 \text{ ft})^2 \times 0,75 \text{ rps} \times 62,428 \text{ lb/ft}^3}{0.0006 \text{ lb/ft.s}}$$

$$= 536.774,410$$



Sumber : *Transport processes and unit operations*, Geankoplis, Fig 3.4-4

Keterangan:

1. Flat six-blade turbine with disk
2. Flat six-blade open turbine
3. Six-blade open turbine but blades at 45°
4. Propeller, pitch = 2 Da
5. Propeller, pitch = Da

Dari Gambar tersebut, untuk $N_{Re} = 536.774,410$ diperoleh $N_p = 5,5$ dengan jenis *Flat six-blade turbine with disk*, sehingga,

$$\begin{aligned}
 P &= N_p \rho n^3 Da^5 \\
 &= 771,359 \text{ J/s} \\
 &= 1.034 \text{ hP}
 \end{aligned}$$

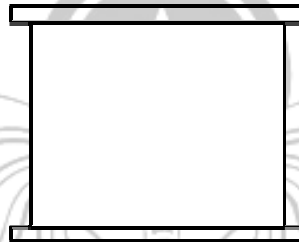
Jika efisiensi motor sebesar 80%, maka kebutuhan daya, $P = 1,3 \text{ hP}$.

$$\text{Kebutuhan air} = 15.202,924 \text{ Kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan alum} &= 15.202,924 \text{ Kg/Jam} \times (50 \times 10^{-6}) \\
 &= 0,760 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan soda abu} &= 0,760 \text{ Kg/Jam} \times 0,54 \\
 &= 0,410 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

D.7 Bak *Reservoir* (B-202)



Kode : B-202

Fungsi : Mengumpulkan dan menyalurkan air dari *clarifier*

Tipe : Bak dengan permukaan berbentuk persegi

Bahan konstruksi : Beton

Jumlah : 1 unit

Laju alir kebutuhan sungai, $F = 15.202,924 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$\begin{aligned}
 \text{Laju volume air total,} \quad Q &= \frac{F}{\rho} \\
 &= \frac{15.202.924 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}
 \end{aligned}$$

$$= 15,203 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Direncanakan bak ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari,

sehingga: Volume air dalam bak = $15,203 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$

$$= 364,870 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan untuk mengatasi

jika terjadi kebocoran ataupun masalah lainnya, maka volume bak adalah:

$$V_{\text{Bak}} = 1,2 \times 364,870 \text{ m}^3$$

$$= 437,844 \text{ m}^3$$

Dimensi bak yang direncanakan,

$$\text{Panjang} = 3h$$

$$\text{Lebar} = 2h$$

$$\text{Tinggi} = h$$

$$\text{Volume bak} = \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$437,844 \text{ m}^3 = 3h \times 2h \times h$$

$$72,974 \text{ m}^3 = h^3$$

$$h = 4,179 \text{ m}$$

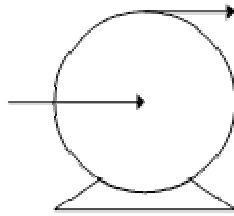
Maka diperoleh,

$$\text{Panjang} = 3h = 3 \times 4,179 \text{ m} = 12,537 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2h = 2 \times 4,179 \text{ m} = 8,358 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = h = 1 \times 4,179 \text{ m} = 4,179 \text{ m}$$

D.8 Pompa II (P-202)



Kode : P-202

Fungsi : Memompa air dari tangki *reservoir* ke tangki sand filter

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 73,630 gal/menit

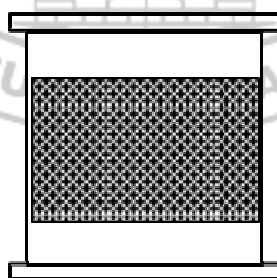
Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.9 Bak Sand Filter (B-203)



Kode : B-203

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang masih tertinggal di dalam

air dari bak penampungan air clarifier

Tipe : *Gravity sand filter*

Bahan konstruksi : Beton

Jumlah : 1 unit

Data desain:

Laju alir air, Q = 15.202,924 Kg/jam

= 66,893 gpm

Densitas air, ρ = 1.000 Kg/m³ (Perry, 1997)

= 62,428 lb/ft³

Waktu pengendapan = 1 Jam

Volume yang mengisi tangki (V)

$$V = \frac{Q}{\rho_{air}} \times \text{Waktu pengendapan}$$

$$= \frac{15.202,924 \text{ kg/jam}}{1.000 \text{ Kg/m}^3} \times 1 \text{ Jam}$$

= 15,203 m³

Kecepatan penyaringan = 4 gal/min.ft² (Brown p.230)

Luas permukaan penyaringan, A

$$A = \frac{Q}{\text{Kecepatan penyaringan}}$$

$$= \frac{66,893 \text{ gpm}}{4 \text{ gal/min.ft}^2}$$

= 16,723 ft²

= 1,553 m²

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak *sand filter* maka volume bak adalah:

$$V_{\text{Bak}} = 1,2 \times 15,203 \text{ m}^3$$

$$= 437,844 \text{ m}^3$$

Penentuan ukuran bak *sand filter*

Untuk ukuran bak sand filter diberikan perbandingan 1:1, sehingga:

$$\text{Luas (A)} = P \times L$$

$$= L^2$$

$$\text{Lebar (L)} = A^{0,5}$$

$$= (16,723 \text{ ft}^2)^{0,5}$$

$$= 4,089 \text{ ft}$$

$$= 1,246 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (P)} = L$$

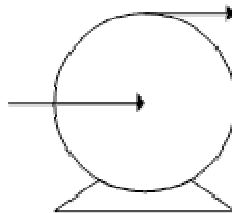
$$= 1,246 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pasir (T)} = \frac{V_{\text{bak}}}{A}$$

$$= \frac{15,203 \text{ m}^3}{1,553 \text{ m}^2}$$

$$= 11,743 \text{ m}$$

D.10 Pompa III (P-203)



Kode : P-203

Fungsi : Memompa air dari bak *sand filter* ke tangki penampungan

air bersih

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 73,630 gal/menit

Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.11 Tangki Penampungan Air Bersih (T-203)

Kode : T-203

Fungsi : Tempat penampungan air bersih sebelum dilakukan pendistribusian untuk air sanitasi dan pengolahan pada ion-exchanger

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Data desain:

Laju alir kebutuhan sungai, $F = 15.202,924 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Laju volume air total, $Q = \frac{F}{\rho}$

$$= \frac{15.202.924 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 15,203 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Direncanakan tangki ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari, sehingga: Volume air dalam tangki = $15,203 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$

$$= 364,870 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan, maka volume bak penampungan adalah:

$$V_{\text{tangki}} = 1,2 \times 364,870 \text{ m}^3$$

$$= 437,844 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki penampungan air bersih

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} D t^2 D t$$

$$= \frac{\pi}{4} D t^3$$

$$= 0,785 D t^3$$

$$437,844 \text{ m}^3 = 0,785 D t^3$$

$$D t = \sqrt[3]{\frac{437,844 \text{ m}^3}{0,785 D t^3}}$$

$$= 8,232 \text{ m} = 27,006 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki, $h = D t$

$$= 8,232 \text{ m} = 27,006 \text{ ft} = 324,078 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 4,116 \text{ m} = 162,039 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki penampung air bersih

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi D t^2} \\ &= \frac{4 \times 364,870 \text{ m}^3}{3,14 \times (8,232)^2} \\ &= 6,860 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 1.000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6,860 \text{ m} \\ &= 67.224,588 \text{ Kg/m.s}^2 \\ &= 0,663 \text{ atm} = 9,750 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } design, P_1 &= (9,750 + 14,696) \text{ psi} \\ &= 24,446 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 24,446 \text{ psi} \\ &= 29,335 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-129 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 29,335 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 162,039 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.000 \text{ psi}$$

$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

Maka,

$$\begin{aligned}t &= \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C \\ &= \frac{(29,335 \text{ psi} \times 162,039 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 29,335 \text{ psi})} + 0,125 \\ &= 0,6 \text{ in}\end{aligned}$$

Digunakan tebal shell standar 5/8 in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu 5/8 in.

D.12 Pompa IV (P-204)

Kode : P-204

Fungsi : Memompa air dari *backwash* tangki penampungan air bersih ke *sand filter*.

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 73,630 gal/menit

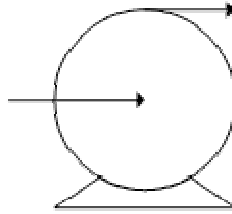
Diameter nominal : 2 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.13 Pompa V (P-205)



Kode : P-205

Fungsi : Memompa air dari tangki air bersih ke tangki air sanitasi.

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 3,143 gal/menit

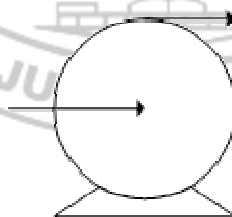
Diameter nominal : 0,75 in

Daya pompa : 0,06 hP

Daya motor : 0,07 hP

Jumlah : 1 unit

D.14 Pompa VI (P-206)



Kode : P-206

Fungsi : Memompa air dari *backwash* tangki penampungan air bersih ke tangki air sanitasi.

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 3,143 gal/menit

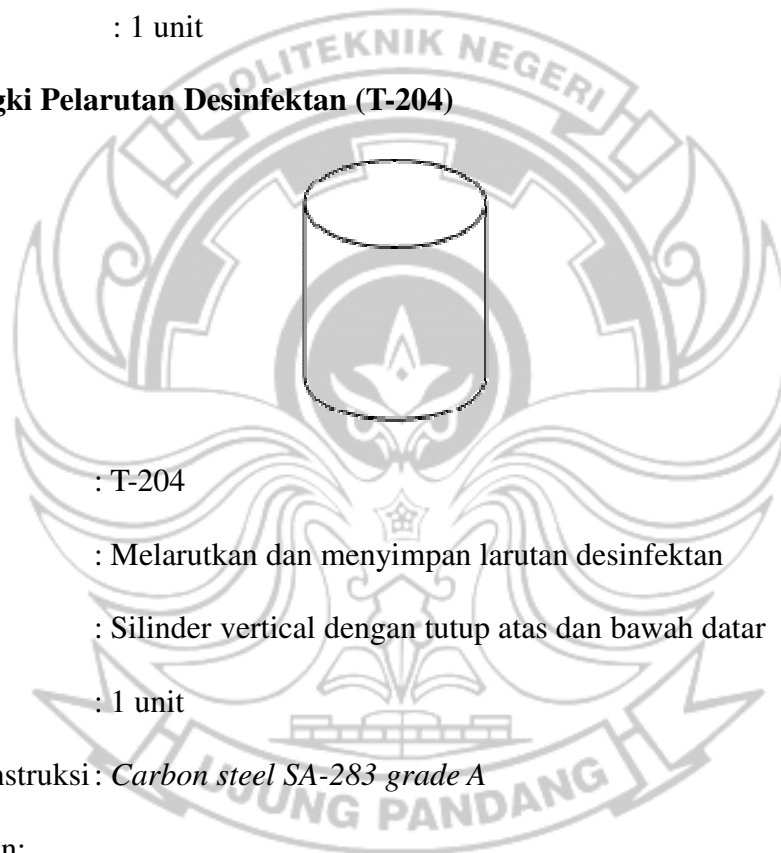
Diameter nominal : 0,75 in

Daya pompa : 0,06 hP

Daya motor : 0,07 hP

Jumlah : 1 unit

D.15 Tangki Pelarutan Desinfektan (T-204)



Kode : T-204

Fungsi : Melarutkan dan menyimpan larutan desinfektan

Tipe : Silinder vertical dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Data desain:

Konsentrasi kaporit CaOCl_2 yang paling optimal yakni 10 ppm.

Kebutuhan air = 15.202,924 Kg/jam

Kebutuhan CaOCl_2 = 15.202,924 Kg/Jam \times (10×10^{-6})

= 0,152 Kg/Jam

Densitas CaOCl_2 = 2,350 g/cm³ = 2.350 Kg/m³

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30°C

Lama penyimpanan = 30 hari

Menghitung kapasitas tangki

CaOCl₂ yang digunakan adalah berupa larutan 30% berat.

Densitas larutan CaOCl₂ = (30% × 2.350) + (70% × 1.000) Kg/m³

$$= 1.405 \text{ Kg/m}^3$$

Laju alir CaOCl₂, F = 0,152 Kg/Jam (30%)

$$= 0,046 \text{ Kg/Jam}$$

Volume tangki, Vt = $\frac{30 \text{ hari} \times 24 \frac{\text{Jam}}{\text{hari}} \times 0,046 \text{ Kg/Jam}}{1.405 \text{ Kg/m}^3}$

$$= 0,023 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan = 20%, sehingga volume tangki total (VT) adalah:

VT = (100 + 20)% × 0,023 m³

$$= 0,028 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki pelarutan CaOCl₂

Volume silinder = $\frac{\pi}{4} Dt^2 Dt$

$$= \frac{\pi}{4} Dt^3$$

$$= 0,785 Dt^3$$

0,028 m³ = 0,785 Dt³

Dt = $\sqrt[3]{\frac{0,028 \text{ m}^3}{0,785}}$

$$= 0,329 \text{ m} = 1,081 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki, h = Dt

$$= 0,329 \text{ m} = 1,081 \text{ ft} = 12,967 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 0,165 \text{ m} = 0,540 \text{ ft} = 6,483 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki CaOCl_2

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi D t^2} \\ &= \frac{4 \times 0,023 \text{ m}^3}{3,14 \times (0,329 \text{ m})^2} \\ &= 0,274 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 2.350 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,274 \text{ m} \\ &= 6.320,985 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,062 \text{ atm} = 0,917 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } design, P_1 &= (0,917 + 14,696) \text{ psi} \\ &= 15,613 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 15,613 \text{ psi} \\ &= 18,735 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-283 grade A* (Brownell, 1979) diperoleh

data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 18,735 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 6,483 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.350 \text{ psi}$$

E = welded-point efficiency = 0,850

C = Corrosion rate = 0,125

Maka,

$$\begin{aligned}t &= \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C \\&= \frac{(18,735 \text{ psix } 10,844 \text{ in})}{10.350 \text{ psi} \times 0,850 - 0,6 \times 18,735 \text{ psi}} + 0,125 \\&= 0,138 \text{ in}\end{aligned}$$

Digunakan tebal shell yakni 3/16 in

Menentukan rancangan pengaduk

Penentuan jenis pengasuk yang digunakan berdasarkan kecepatan pengadukan,

Data-data yang diperlukan

Viskositas campuran, $\mu = 0,002 \text{ kg/m.s}$

Densitas campuran, $\rho = 1.405 \text{ kg/m}^3$

Jenis pengaduk = Propeller

Diameter tangki = 0,916 m

Jumlah baffle = 4 buah

Putaran, $n = 400 \text{ rpm} = 400 \text{ rpm} / 60\text{s} = 6,67 \text{ rps}$

Dengan menggunakan rumus pada Tabel 3.4-1 (Geankoplis, 1997) dapat dihitung perbandingan ukuran pengaduk dan tangki.

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}; \frac{H}{D_t} = 1; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{E}{D_a} = 1; \frac{w}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Diameter tangki, $D_t = 0,329 \text{ m}$

Diameter impeller, $D_a = 1/3 D_t$

$$= 1/3 \times 0,551 \text{ m}$$

$$= 0,110 \text{ m}$$

Lebar pengaduk, W

$$= 1/5 \text{ Da}$$

$$= 1/5 \times 0,110 \text{ m}$$

$$= 0,022 \text{ m}$$

Jarak pengaduk dari dasar tangki, E = 1/3 Dt

$$= 1/3 \times 0,329 \text{ m}$$

$$= 0,110 \text{ m}$$

Panjang daun pengaduk, L

$$= 1/4 \text{ Da}$$

$$= 1/4 \times 0,110 \text{ m}$$

$$= 0,027 \text{ m}$$

Lebar baffle, J

$$= 1/12 \text{ Dt}$$

$$= 1/12 \times 0,329 \text{ m}$$

$$= 0,027 \text{ m}$$

Menentukan kecepatan pengaduk

Densitas air,

$$\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$$

(Perry, 1997)

$$= 62,428 \text{ lb/ft}^3$$

Densitas campuran,

$$\rho = 1.405 \text{ kg/m}^3$$

$$= 87,711 \text{ lb/ft}^3$$

Specific gravity,

$$Sg = \frac{\rho \text{ campuran}}{\rho \text{ air}}$$

$$= \frac{87,711}{62,428}$$

$$= 1,405$$

Tinggi larutan,

$$h = 0,274 \text{ m} = 0,9 \text{ ft}$$

WELH

$$= h \times sg$$

$$= 0,9 \text{ ft} \times 1,405$$

$$= 1,265 \text{ ft}$$

Jumlah Pengaduk

$$= \frac{WELH}{D}$$

$$= \frac{1,265}{1,081} = 1,17 \approx 1$$

N

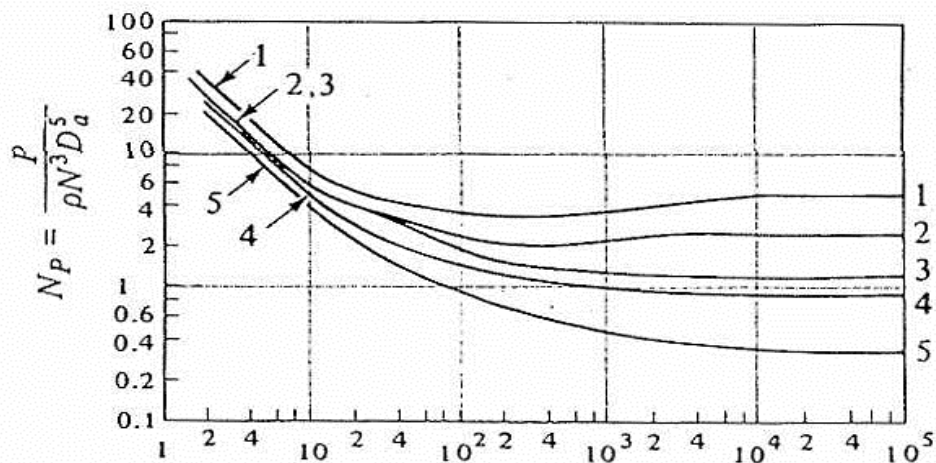
$$= \frac{600}{\pi} \times \sqrt{\frac{WELH}{2 \times Da}}$$

$$= 16,913 \text{ rpm} = 0,282 \text{ rps}$$

N_{Re}

$$= \frac{Da^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{(0,110 \text{ m})^2 \times 0,282 \text{ rps} \times 1.405 \text{ Kg/m}^3}{0,002 \text{ Kg/m.s}}$$



$$N'Re = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

$$= 2.386,740$$

Sumber : *Transport processes and unit operations*, Geankoplis, Fig 3.4-4

Keterangan:

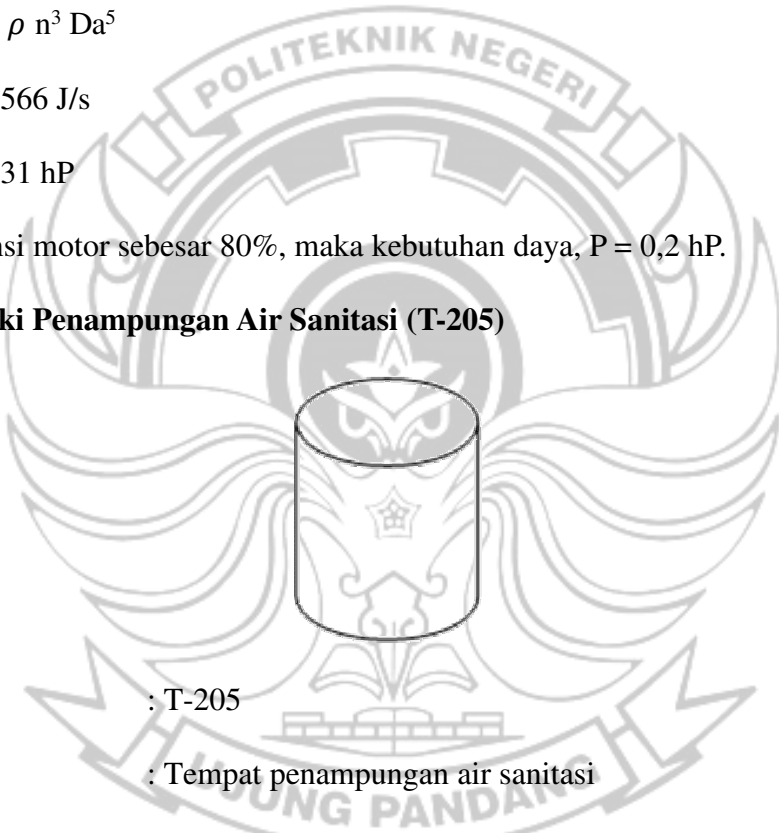
1. *Flat six-blade turbine with disk*
2. *Flat six-blade open turbine*
3. *Six-blade open turbine but blades at 45°*
4. *Propeller, pitch = 2 Da*
5. *Propeller, pitch = Da*

Dari Gambar D.8, untuk $NRe = 2.386,740$ diperoleh $Np = 0,9$ Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P &= Np \rho n^3 Da^5 \\
 &= 97,566 \text{ J/s} \\
 &= 0.131 \text{ hP}
 \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor sebesar 80%, maka kebutuhan daya, $P = 0,2 \text{ hP}$.

D.16 Tangki Penampungan Air Sanitasi (T-205)



Kode : T-205

Fungsi : Tempat penampungan air sanitasi

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Data desain:

Laju alir air sanitasi, $F = 649 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Laju volume air total, $Q = \frac{F}{\rho}$

$$= \frac{649 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 0,649 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Direncanakan tangki ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari, sehingga: Volume air dalam tangki = $0,649 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$

$$= 15,576 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume tangki, maka volume bak penampungan adalah:

$$V_{\text{tangki}} = 1,2 \times 15,576 \text{ m}^3$$

$$= 18,691 \text{ m}^3$$

Menghitung dimensi tangki penampungan air sanitasi

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{\pi}{4} Dt^2 Dt \\ &= \frac{\pi}{4} Dt^3 \\ &= 0,785 Dt^3 \\ 18,691 \text{ m}^3 &= 0,785 Dt^3 \\ Dt &= \sqrt[3]{\frac{18,691 \text{ m}^3}{0,785 Dt^3}} \\ &= 2,877 \text{ m} = 9,439 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tinggi Tangki, $h = Dt$

$$= 2,877 \text{ m} = 9,439 \text{ ft} = 113.263 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 1,438 \text{ m} = 56,631 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki air sanitasi

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi D t^2} \\ &= \frac{4 \times 15,576 \text{ m}^3}{3,14 \times (2,877 \text{ m})^2} \\ &= 2,397 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 1.000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2,397 \text{ m} \\ &= 23.494,561 \text{ Kg/m.s}^2 \\ &= 0,232 \text{ atm} = 3,408 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } \textit{design}, P_1 &= (3,408 + 14,696) \text{ psi} \\ &= 18,104 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 18,104 \text{ psi} \\ &= 21,724 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-283 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 21,724 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 56,631 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.350 \text{ psi}$$

$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

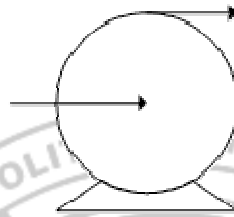
Maka,

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$

$$= \frac{(21,724 \text{ psi} \times 56,631 \text{ in})}{(10.350 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 21,724 \text{ psi})} + 0,125$$

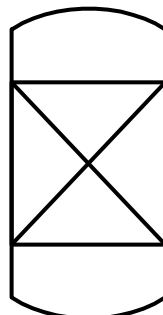
$$= 0,265 \text{ in}$$

D.17 Pompa VII (P-207)



- Kode : P-207
- Fungsi : Memompa air untuk sanitasi
- Tipe : *Centrifugal pump*
- Bahan konstruksi : *Cast Iron*
- Spesifikasi dari hasil perhitungan**
- Kapasitas : 3,143 gal/menit
- Diameter nominal : 0,75 in
- Daya pompa : 0,05 hP
- Daya motor : 0,07 hP
- Jumlah : 1 unit

D.18 Tangki *Kation Exchanger* (T-206)



Kode : T-206

Fungsi : Mengurangi kesadahan air melalui pertukaran kation

Tipe : Silinder dengan bed resin

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi: *Carbon steel SA-283 Grade A*

Laju alir air, $Q = 14.553,923 \text{ Kg/jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Viskositas air, $\mu = 0,8007 \text{ cp}$ (Geankoplis, 2003)

$$= 1,937 \text{ lbm/ft.Jam}$$

$$= 0,00054 \text{ lbm/ft.s}$$

Volume air yang ditampung, (V_c) :

$$V_c = \frac{Q}{\rho}$$
$$= \frac{14.553,923 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 14,554 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$= 14,554 \text{ m}^3/\text{Jam} \times \frac{1 \text{ gal}}{0,0038 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ Jam}}{60 \text{ menit}}$$

$$= 63,833 \text{ gpm}$$

Menentukan luas penampang bed resin (A_R):

Jika kecepatan penyerapan 3-5 gpm/ft², dipilih 4 gpm/ft², maka:

$$A_R = \frac{V_c}{4 \text{ gpm/ft}^2}$$

$$= \frac{63,833 \text{ gpm}}{4 \text{ gpm/ft}^2}$$

$$= 15,958 \text{ ft}^2$$

Berdasarkan Powell, hal. 155 diketahui tinggi bed resin dalam exchanger = 30-75 in, maka di tetapkan:

$$\begin{aligned}\text{Tinggi bed, T} &= 75 \text{ in} \\ &= 6,248 \text{ ft} \\ &= 1,904 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Volume Bed, } V_b &= A_R \times T \\ &= 15,958 \text{ ft}^2 \times 6,248 \text{ ft} \\ &= 99,699 \text{ ft}^3 \\ &= 2,821 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter, } D &= \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{4 \times 15,958 \text{ ft}^2}{3,14}\right)^{1/2} \\ &= 4,509 \text{ ft} = 1,374 \text{ m}\end{aligned}$$

Ditetapkan $H = 1,5 D$, sehingga:

$$\begin{aligned}H &= 1,5 \times D \\ &= 1,5 \times 1,374 \text{ m} \\ &= 2,061 \text{ m}\end{aligned}$$

Menurut *Harvey Water Softeners* kesadahan air yakni 50 ppm atau setara 2,918 grain/gallon.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan kation} &= V_c \times \text{Kesadahan air} \\ &= 63,833 \text{ gpm} \times 2,918 \text{ grain/galon} \times 60 \text{ min/jam} \\ &= 7.895,153 \text{ grain/jam}\end{aligned}$$

Berdasarkan Powell, table 2-6 hal 172 diketahui untuk “*Natural Green Zeolit*” memiliki kapasitas penyerapan 2.800 grain/ft³, sehingga:

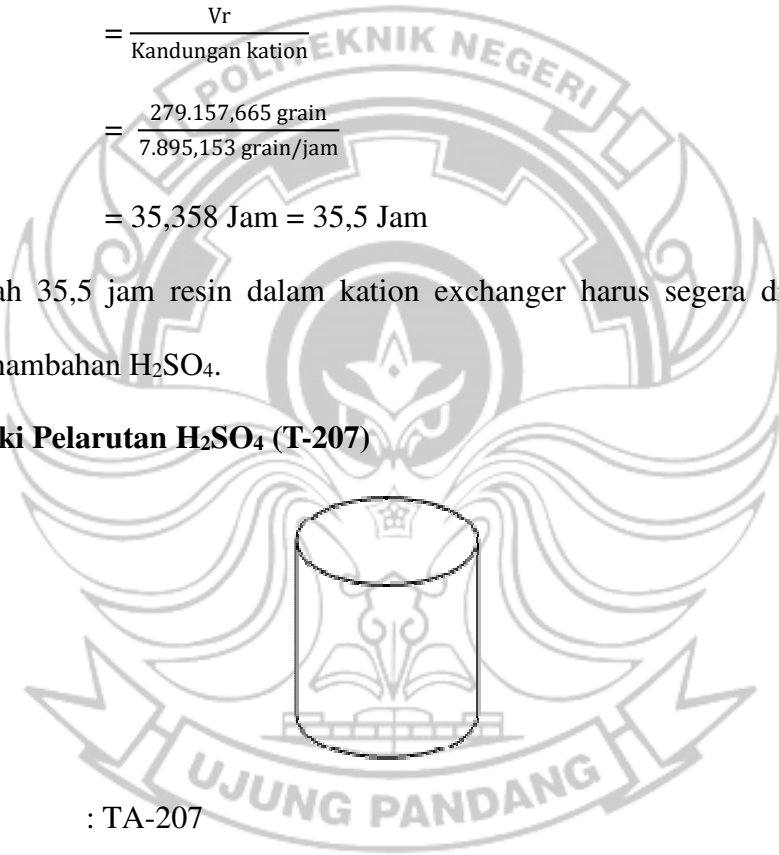
$$\begin{aligned}\text{Volume Resin, } V_r &= \text{volume bed} \times \text{kapasitas penyerapan} \\ &= 99,699 \text{ ft}^3 \times 2.800 \text{ grain/ft}^3 \\ &= 279.157,665 \text{ grain}\end{aligned}$$

Waktu operasi kation exchanger, t

$$\begin{aligned}t &= \frac{V_r}{\text{Kandungan kation}} \\ &= \frac{279.157,665 \text{ grain}}{7.895,153 \text{ grain/jam}} \\ &= 35,358 \text{ Jam} = 35,5 \text{ Jam}\end{aligned}$$

Jadi, setelah 35,5 jam resin dalam kation exchanger harus segera diregenerasi dengan penambahan H₂SO₄.

D.19 Tangki Pelarutan H₂SO₄ (T-207)



Kode : TA-207

Fungsi : Melarutkan H₂SO₄ untuk regenerasi penukar kation

Tipe : Silinder tegak

Jumlah : 2 unit (1 cadangan)

Bahan konstruksi: *Carbon steel SA-283 Grade A*

Data :

Suhu operasi = 303,15 K = 30 °C

Tekanan operasi = 1 atm

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Menghitung Kebutuhan H_2SO_4

Kemampuan H_2SO_4 untuk regenerasi = 2 lb/ft³ resin

$$\begin{aligned}\text{Massa H}_2\text{SO}_4 &= 2 \times \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3 \text{ resin}} \times \frac{0,4536 \text{ Kg}}{1 \text{ lb}} \times \left(\frac{1 \text{ ft}}{0,3048 \text{ m}}\right)^3 \times 2,821 \text{ m}^3 \\ &= 90,931 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Menghitung massa air

Larutan H_2SO_4 dibuat dengan kadar 5%

$$\begin{aligned}\text{Massa air} &= \frac{95\%}{5\%} \times 90,931 \text{ Kg} \\ &= 1.727,695 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Menghitung volume larutan

$$\begin{aligned}\text{Vol. larutan} &= \frac{\text{Massa NaOH} + \text{Massa Air}}{\rho} \\ &= \frac{(90,931 + 1.727,695) \text{ Kg}}{1.000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 1,819 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung volume tangki

Dirancang : Untuk operasi fase cair, volume larutan = 85% Volume tangki

$$\begin{aligned}\text{Vol. tangki} &= \frac{\text{Vol. larutan}}{85\%} \\ &= \frac{1,819 \text{ m}^3}{85\%} \\ &= 2,140 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung ukuran tangki

Direncanakan perbandingan diameter dengan panjang silinder D:H = 1:1

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} Dt^2 Dt$$

$$= \frac{\pi}{4} Dt^3$$

$$= 0,785 Dt^3$$

$$2,140 \text{ m}^3 = 0,785 Dt^3$$

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{2,140 \text{ m}^3}{0,785 Dt^3}}$$

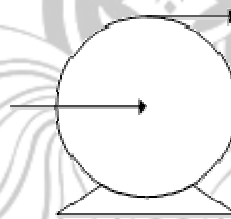
$$= 1,323 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki, H} = Dt$$

$$= 1,323 \text{ m}$$

*Pengadukan dilakukan secara manual

D.20 Pompa VIII (P-208)



Kode : P-208

Fungsi : Memompa air dari *kation exchanger* ke *anion exchanger*

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 70,487 gal/menit

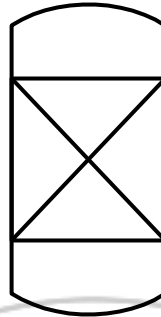
Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.21 Tangki Anion Exchanger (T-208)



Kode : TA-208

Fungsi : Mengurangi kesadahan air melalui pertukaran anio

Tipe : Silinder dengan bed resin

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 Grade A*

Laju alir air, $Q = 14.553,923 \text{ Kg/jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Viskositas air, $\mu = 0,8007 \text{ cp}$ (Geankoplis, 2003)

$$= 1,937 \text{ lbm/ft.Jam}$$

$$= 0,00054 \text{ lbm/ft.s}$$

Volume air yang ditampung, (V_c) :

$$V_c = \frac{Q}{\rho}$$

$$= \frac{14.553,923 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 14,554 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$= 14,554 \text{ m}^3/\text{Jam} \times \frac{1 \text{ gal}}{0,0038 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ Jam}}{60 \text{ menit}}$$

$$= 63,833 \text{ gpm}$$

Menentukan luas penampang bed resin (A_R):

Jika kecepatan penyerapan 3-5 gpm/ft², dipilih 4 gpm/ft², maka:

$$\begin{aligned} A_R &= \frac{V_c}{4 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= \frac{63,833 \text{ gpm}}{4 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= 15,958 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan Powell, hal. 155 diketahui tinggi bed resin dalam exchanger = 30-75

in, maka di tetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bed, } T &= 75 \text{ in} \\ &= 6,248 \text{ ft} \\ &= 1,904 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Volume Bed, } V_b &= A_R \times T \\ &= 15,958 \text{ ft}^2 \times 6,248 \text{ ft} \\ &= 99,699 \text{ ft}^3 \\ &= 2,821 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter, } D &= \left(\frac{4 A}{\pi} \right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{4 \times 15,958 \text{ ft}^2}{3,14} \right)^{1/2} \\ &= 4,509 \text{ ft} = 1,374 \text{ m} \end{aligned}$$

Ditetapkan $H = 1,5 D$, sehingga:

$$\begin{aligned} H &= 1,5 \times D \\ &= 1,5 \times 1,374 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 2,061 \text{ m}$$

Menurut *Harvey Water Softeners* kesadahan air yakni 50 ppm atau setara 2,918 grain/gallon.

$$\begin{aligned} \text{Kandungan anion} &= Vc \times \text{Kesadahan air} \\ &= 63,833 \text{ gpm} \times 2,918 \text{ grain/galon} \times 60 \text{ min/jam} \\ &= 7.895,153 \text{ grain/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan Powell, table 2-6 hal 172 diketahui untuk “*Natural Green Zeolit*” memiliki kapasitas penyerapan 2.800 grain/ft³, sehingga:

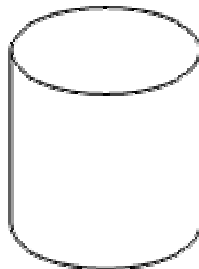
$$\begin{aligned} \text{Volume Resin, } V_r &= \text{volume bed} \times \text{kapasitas penyerapan} \\ &= 99,699 \text{ ft}^3 \times 2.800 \text{ grain/ft}^3 \\ &= 279.157,665 \text{ grain} \end{aligned}$$

Waktu operasi anion exchanger, t

$$\begin{aligned} t &= \frac{V_r}{\text{Kandungan anion}} \\ &= \frac{279.157,665 \text{ grain}}{7.895,153 \text{ grain/jam}} \\ &= 35,358 \text{ Jam} = 35,5 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Jadi, setelah 35,5 jam resin dalam anion exchanger harus segera diregenerasi dengan penambahan NaOH.

D.22 Tangki Pelarutan NaOH (T-209)



Kode : T-209

Fungsi : Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion

Tipe : Silinder tegak

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi: *Carbon steel SA-283 Grade A*

Data :

Suhu operasi = 303,15 K = 30 °C

Tekanan operasi = 1 atm

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Menghitung Kebutuhan NaOH

Kemampuan NaOH untuk regenerasi diperoleh dari Powell, S. T., "Water Conditioning for Industry", halaman 172 = 2 lb/ft³ resin

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH} &= 2 \times \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3 \text{ resin}} \times \frac{0,4536 \text{ Kg}}{1 \text{ lb}} \times \left(\frac{1 \text{ ft}}{0,3048 \text{ m}}\right)^3 \times 2,821 \text{ m}^3 \\ &= 90,931 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Menghitung massa air

Larutan NaOH dibuat dengan kadar 5%

$$\begin{aligned}\text{Massa air} &= \frac{95\%}{5\%} \times 90,931 \text{ Kg} \\ &= 1.727,695 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Menghitung volume larutan

$$\begin{aligned}\text{Vol. larutan} &= \frac{\text{Massa NaOH} + \text{Massa Air}}{\rho} \\ &= \frac{(90,931 + 1.727,695)\text{Kg}}{1.000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 1,819 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung volume tangki

Dirancang : Untuk operasi fase cair, volume larutan = 85% Volume tangki

$$\begin{aligned}\text{Vol. tangki} &= \frac{\text{Vol. larutan}}{85\%} \\ &= \frac{1,819 \text{ m}^3}{85\%} \\ &= 2,140 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung ukuran tangki

Direncanakan perbandingan diameter dengan panjang silinder D:H = 1:1

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} D^2 L$$

$$= \frac{\pi}{4} D^3$$

$$= 0,785 D^3$$

$$2,140 \text{ m}^3 = 0,785 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2,140 \text{ m}^3}{0,785}}$$

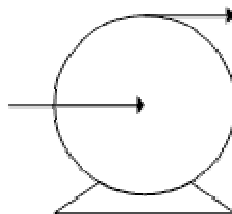
$$= 1,323 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki, H} = D$$

$$= 1,323 \text{ m}$$

*Pengadukan dilakukan secara manual

D.23 Pompa IX (P-209)



Kode : P-209

Fungsi : Memompa air dari tangki air bersih ke *kation exchanger*

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 70,487 gal/menit

Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.24 Tangki Penampungan Air Proses (T-210)

Kode : T-210

Fungsi : Menampung air proses

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Data desain:

Laju alir air proses, $F = 7.902,240 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Laju volume air total, $Q = \frac{F}{\rho}$

$$= \frac{7.902,240 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 7,902 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Direncanakan tangki ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari,

sehingga: Volume air dalam tangki = $7,902 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$

$$= 189,654 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan, maka volume bak penampungan adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times 189,654 \text{ m}^3 \\ &= 227,585 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki penampungan air proses

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} D^2 Dt$$

$$= \frac{\pi}{4} D^3$$

$$= 0,785 D^3$$

$$227,585 \text{ m}^3 = 0,785 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{227,585 \text{ m}^3}{0,785}}$$

$$= 6,618 \text{ m} = 21,714 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki, $h = D$

$$= 6,618 \text{ m} = 21,714 \text{ ft} = 260,570 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 3,309 \text{ m} = 130,285 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki penampung air proses

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\text{Tinggi larutan dalam tangki, } h = \frac{4 V_t}{\pi D^2}$$

$$= \frac{4 \times 189,654 \text{ m}^3}{3,14 \times (6,618)^2}$$

$$= 5,515 \text{ m}$$

Tekanan hidrostatik, P

$$= \rho \times g \times h$$

$$= 1.000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 5,515 \text{ m}$$

$$= 54.050,848 \text{ Kg/m.s}^2$$

$$= 0,533 \text{ atm} = 7,839 \text{ psi}$$

Tekanan awal, P₀

$$= 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

Tekanan *design*, P₁

$$= (7,839 + 14,696) \text{ psi}$$

$$= 22,535 \text{ psi}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$P_1 = (100 + 20)\% \times 22,535 \text{ psi}$$

$$= 27,042 \text{ psi}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-129 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

P₁ = Tekanan design = 27,042 psi

R = Jari-jari dalam tangki = 162,039 in

S = Allowable stress, psi = 10.000 psi

E = welded-point efficiency = 0,850

C = Corrosion rate = 0,125

Maka,

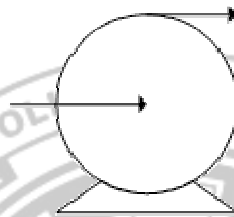
$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$

$$= \frac{(27,042 \text{ psi} \times 162,039 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 27,042 \text{ psi})} + 0,125$$

$$= 0,540 \text{ in}$$

Digunakan tebal shell standar 1/2 in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu 1/2 in.

D.25 Pompa X (P-210)



Kode : P-210

Fungsi : Memompa air dari *anion exchanger* ke tangki air proses

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 70,487 gal/menit

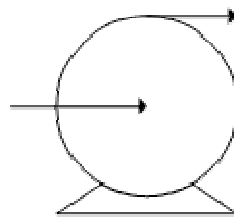
Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.26 Pompa XI (P-211)

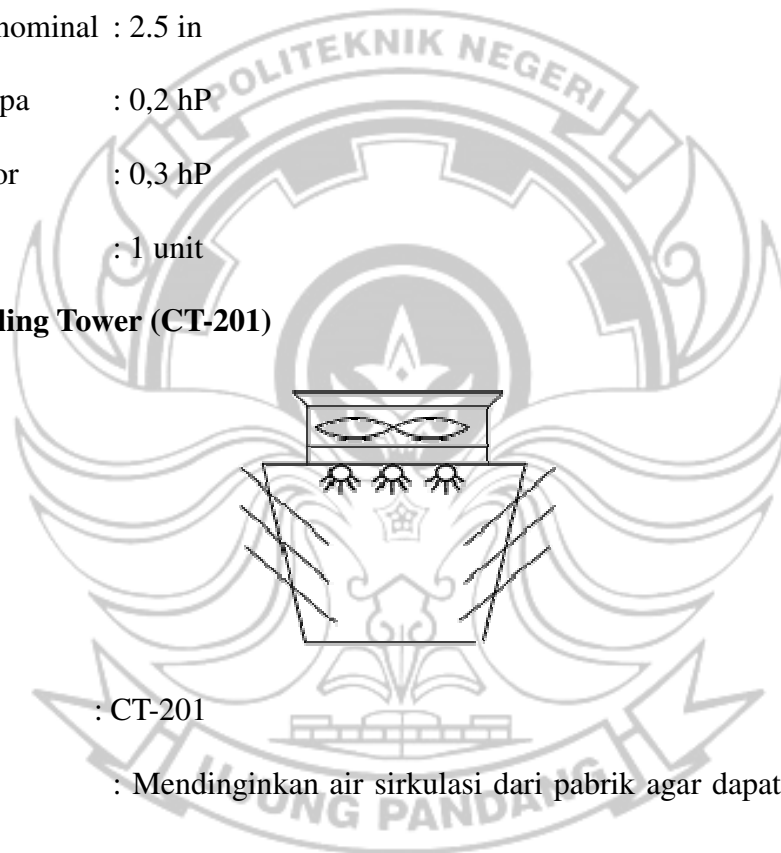


Kode : P-211
Fungsi : Memompa air untuk air proses
Tipe : *Centrifugal pump*
Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 38,272 gal/menit
Diameter nominal : 2.5 in
Daya pompa : 0,2 hP
Daya motor : 0,3 hP
Jumlah : 1 unit

D.27 Cooling Tower (CT-201)



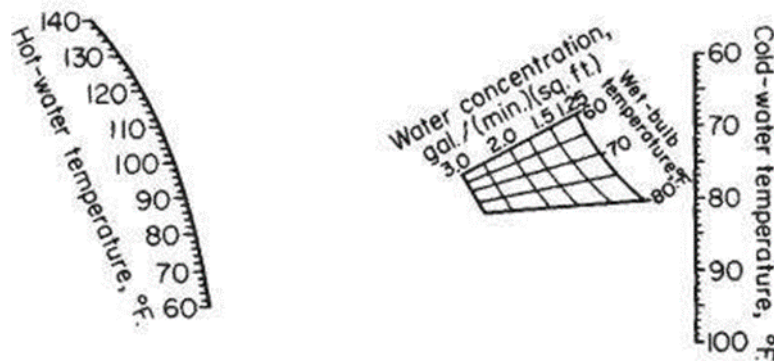
Kode : CT-201
Fungsi : Mendinginkan air sirkulasi dari pabrik agar dapat digunakan kembali

Tipe : *Induced draft cooling tower*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-129 Grade A* Kondisi operasi

- Temperatur masuk = 50°C = 122°F
- Temperatur keluar = 30°C = 86°F



Sumber : Chemical Engineering Handbook, Perry, Fig 12-14

Berdasarkan pada gambar diperoleh:

- Temperatur bola basah = 80°F
- Konsentrasi air = 1,5 gpm/ft²

Menghitung kehilangan air pada saat proses

$$W_m = W_e + W_d + W_b \quad (\text{Pers. 12-9 Perry})$$

$$W_e = 0,00085 W_c (T_1 - T_2) \quad (\text{Pers. 12-10 Perry})$$

$$W_d = 0,2\% \text{ dari } W_c \quad (\text{Pers. 12-11 Perry})$$

$$W_b = \frac{W_e}{(\text{cycle}-1)}, \text{ dimana cycle} = 5 \quad (\text{Pers. 12-12 Perry})$$

Dimana:

W_m = Make up water

W_e = Evaporating loss

W_d = Drift loss

W_b = Blow down

W_c = Circulating water flow

Air pendingin yang dibutuhkan = 9.482,953 Kg/Jam

Air pendingin yang dikembalikan = 7.586,362 Kg/Jam

$$\text{Make up water} = X$$

$$W_c = 7.586,362 \text{ Kg/Jam} + X$$

$$\begin{aligned} W_e &= 0,00085 W_c (T_1 - T_2) \\ &= 0,00085 \times (7.586,362 \text{ Kg/Jam} + X) \times (50 - 30) \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 128,968 \text{ Kg/Jam} + 0,017 X \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_d &= 0,002 W_c \\ &= 0,002 \times (7.586,362 \text{ Kg/Jam}) \\ &= 15,173 \text{ Kg/Jam} + 0,002 X \end{aligned}$$

$$\text{Cycle} = 5 \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$\begin{aligned} W_b &= \frac{w_e}{(\text{cycle}-1)} \\ &= \frac{128,968 \text{ Kg/Jam} + 0,017 X}{(5-1)} \\ &= 32,242 \text{ Kg/Jam} + 0,004 X \end{aligned}$$

Menghitung neraca massa total

$$F_{\text{masuk}} = F_{\text{keluar}}$$

$$7.586,362 \text{ Kg/Jam} + X = 9.482,953 \text{ Kg/Jam} + W_e + W_d + W_b$$

$$\begin{aligned} 7.586,362 \text{ Kg/Jam} + X &= 9.482,953 \text{ Kg/Jam} + 128,968 \text{ Kg/Jam} + 0,017 X + \\ &15,173 \text{ Kg/Jam} + 0,002 X + 32,242 \text{ Kg/Jam} + 0,004 X \end{aligned}$$

$$7.586,362 \text{ Kg/Jam} + X = 9.482,953 \text{ Kg/Jam} + 0,023 X$$

$$0,977 X = 2.072,973 \text{ Kg/Jam}$$

$$X = 2.122,317 \text{ Kg/Jam}$$

Jadi, make up water sebesar 2.122,317 Kg/Jam. Maka,

$$W_c = 9.708,80 \text{ Kg/Jam}$$

$$W_e = 165,048 \text{ Kg/Jam}$$

$$W_d = 19,417 \text{ Kg/Jam}$$

$$W_b = 41,262 \text{ Kg/Jam}$$

Menghitung dimensi cooling tower

$$\text{Densitas air} = 1.000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Laju alir massa air pendingin} = 10.431,248 \text{ Kg/Jam}$$

$$\text{Laju ALir volumetric air, } Q = \frac{F}{\rho}$$

$$= \frac{10.431,248 \text{ Kg/Jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 10,431 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

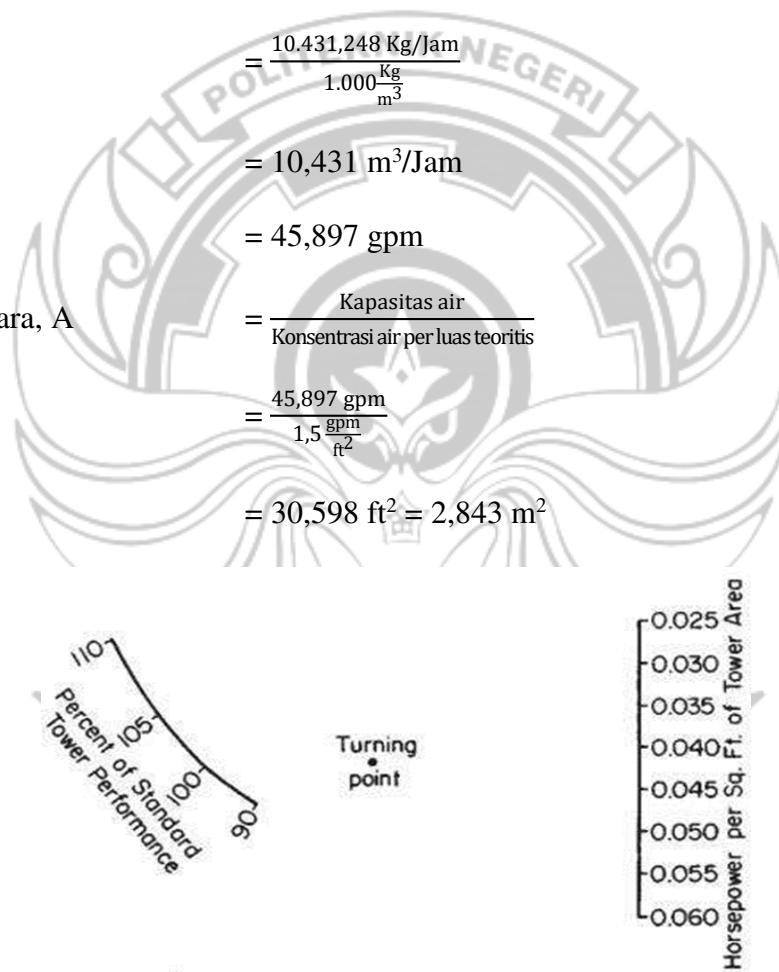
$$= 45,897 \text{ gpm}$$

Luas Menara, A

$$= \frac{\text{Kapasitas air}}{\text{Konsentrasi air per luas teoritis}}$$

$$= \frac{45,897 \text{ gpm}}{1,5 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2}}$$

$$= 30,598 \text{ ft}^2 = 2,843 \text{ m}^2$$



Source : Chemical Engineering Handbook, Perry, Fig 12-15

Dari gambar tersebut, untuk 100% standar tower performance, diperoleh tenaga kipas sebesar = 0,041 hP/ft2. Sehingga,

Tenaga kipas yang dibutuhkan seluas menara

$$= 30,598 \text{ ft}^2 \times 0,041 \text{ hP/ft}^2$$

$$= 1,255 \text{ hP} \sim 1,3 \text{ hP}$$

Asumsi untuk dimensi Menara

$$H = P ; L' = 1,1 L'' ; L' = 1,5 P$$

Dimana:

H = tinggi menara (m)

L' = lebar menara bagian atas (m)

L'' = lebar menara bagian bawah (m)

P = Panjang menara (m)

$$\begin{aligned} \text{Luas Menara, A} &= P \times L \\ &= P \times ((L' + L'')/2) \\ &= P \times (2,1 L'/2) \\ &= P \times 2,1/2 \times P \\ &= 1,05 P^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$2,843 \text{ m}^2 = 1,05 P^2$$

$$P^2 = 2,707 \text{ m}^2$$

$$P = 1,645 \text{ m}$$

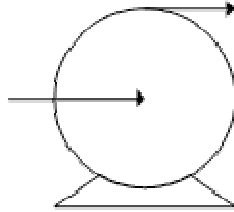
Sehingga,

$$H = 1,645 \text{ m}$$

$$L' = 1,810 \text{ m}$$

$$L'' = 2,468 \text{ m}$$

D.28 Pompa XII (P-212)



Kode : P-212

Fungsi : Memompa air proses ke tangki penampungan air pendingin

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 10,104 gal/menit

Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,1 hP

Daya motor : 0,1 hP

Jumlah : 1 unit

D.29 Tangki Penampungan Air Pendingin (T-211)



Kode : T-211

Fungsi : Menampung air pendingin

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Data desain:

Laju alir kebutuhan sungai, $F = 10.431,248 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$\begin{aligned} \text{Laju volume air total, } Q &= \frac{F}{\rho} \\ &= \frac{10.431,248 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 10,431 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

Direncanakan tangki ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari, sehingga: Volume air dalam tangki = $10,431 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$
 $= 250,350 \text{ m}^3$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan, maka volume bak penampungan adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times 250,350 \text{ m}^3 \\ &= 300,420 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki penampungan air pendingin

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{\pi}{4} D t^2 D t \\ &= \frac{\pi}{4} D t^3 \end{aligned}$$

$$= 0,785 D t^3$$

$$300,420 \text{ m}^3 = 0,785 D t^3$$

$$D t = \sqrt[3]{\frac{300,420 \text{ m}^3}{0,785 D t^3}}$$

$$= 7,260 \text{ m} = 23,820 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki, $h = D t$

$$= 7,260 \text{ m} = 23,820 \text{ ft} = 285,838 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 3,630 \text{ m} = 142,919 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki penampung air pendingin

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi D t^2} \\ &= \frac{4 \times 250,350 \text{ m}^3}{3,14 \times (7,260)^2} \\ &= 6,050 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 1.000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6,050 \text{ m} \\ &= 59.292,241 \text{ Kg/m.s}^2 \\ &= 0,585 \text{ atm} = 8,599 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } design, P_1 &= (8,599 + 14,696) \text{ psi} \\ &= 23,295 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 23,295 \text{ psi} \\ &= 27,955 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi Carbon Steel SA-129 grade A (Brownell, 1959) diperoleh

data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 27,955 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 142,919 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.000 \text{ psi}$$

E = welded-point efficiency = 0,850

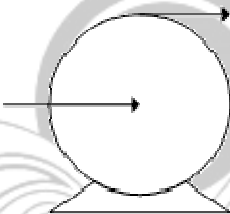
C = Corrosion rate = 0,125

Maka,

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$
$$= \frac{(27,955 \text{ psi} \times 142,919 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 27,955 \text{ psi})} + 0,125$$
$$= 0,596 \text{ in} = 0,6 \text{ in}$$

Digunakan tebal shell standar 5/8 in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu 5/8 in.

D.30 Pompa XIII (P-213)



Kode : P-213

Fungsi : Memompa air proses ke daerator

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan kontruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 22,111 gal/menit

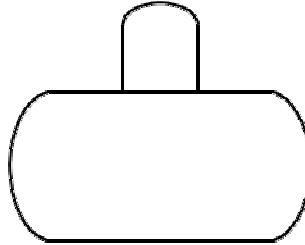
Diameter nominal : 2 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 2 unit (1 cadangan)

D.31 Daerator (D-201)



Kode : D-201

Fungsi : menghilangkan gas-gas terlarut dalam air umpan *boiler*

Tipe : Silinder horizontal dengan tutup ellipsoidal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade A*

Laju massa, F = 20.751,974 Kg/jam

Waktu tinggal, t = 24 Jam

Densitas pada suhu 90°C = 965,340 Kg/m³ (Geankoplis, 2003)

Viskositas pada suhu 90°C = 0,317 cp (Geankoplis, 2003)

$$\begin{aligned} \text{Volume fluida, } V_f &= \frac{F \times t}{\rho} \\ &= \frac{20.751,974 \text{ Kg/jam}}{965,340 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 515,929 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan, maka volume bak penampungan adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times 515,929 \text{ m}^3 \\ &= 619,115 \text{ m}^3 \\ &= 21.864,060 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio } D/H = 1$$

$$\text{Rasio aksis tutup} = \frac{1}{2}$$

$$\text{Volume shell, } V_s = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

Berdasarkan Tabel 10.65 (Perry, 2008) untuk rasio aksis $\frac{1}{2}$

$$\text{Volume tutup, } V_e = \frac{1}{24} \pi D^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = V_s + 2 V_e$$

$$= \frac{\pi}{4} D^2 H + 2 \left(\frac{1}{24} \pi D^3 \right)$$

Dengan mensubstitusi harga H, diperoleh,

$$V_t = \frac{1}{3} \pi D^3$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{3 V_t}{\pi}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{3 \times 21.864,060 \text{ m}^3}{3,14}}$$

$$= 8,394 \text{ m} = 330,486 \text{ in}$$

$$\text{Panjang tangki, } L_s = 8,394 \text{ m} = 330,486 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari} = R = 4,197 \text{ m} = 165,243 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 10.65 (Perry, 2008) untuk menghitung panjang tutup

$$\text{Panjang tutup, } L_e = \frac{D}{4} = \frac{8,394 \text{ m}}{4} = 2,099 \text{ m}$$

Panjang total tangki

$$L_t = L_s + 2 L_e = 8,394 \text{ m} + (2 \times 2,099 \text{ m}) = 12,592 \text{ m}$$

Tinggi tangki/level, (Brownell dan Young, 1959)

$$H = \frac{4 \times V_f}{\pi \times L_t^2}$$

$$= \frac{4 \times 515,929 \text{ m}^3}{3,14 \times 12,592 \text{ m}^2}$$

$$= 4,145 \text{ m}$$

Tekanan hidrostatik, P

$$= \rho \times g \times h$$

$$= 965,340 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 4,145 \text{ m}$$

$$= 39.216,523 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,387 \text{ atm} = 5,688 \text{ psi}$$

Tekanan awal, P₀

$$= 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

Tekanan *design*, P₁

$$= (5,688 + 14,696) \text{ psi}$$

$$= 20,384 \text{ psi}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

P₁

$$= (100 + 20)\% \times 20,384 \text{ Psi}$$

$$= 24,461 \text{ psi}$$

Untuk bahan konstruksi Carbon Steel SA-129 grade A (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

P₁ = Tekanan design = 24,461 psi

R = Jari-jari dalam tangki = 165,243 in

S = Allowable stress, psi = 10.000 psi

E = welded-point efficiency = 0,850

C = Corrosion rate = 0,125

Maka,

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$

$$= \frac{(24,461 \text{ psi} \times 142,919 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 24,461 \text{ psi})} + 0,125$$

$$= 0,601 \text{ in} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

Digunakan tebal shell standar $\frac{3}{4}$ in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu $\frac{3}{4}$ in.

Menghitung kebutuhan pemanas

Di dalam dearator, air akan dikontakkan dengan steam hingga temperatur 90°C dengan menggunakan steam temperatur 150°C

Perhitungan neraca energi:

$$\text{Suhu air masuk} = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air keluar} = 90^{\circ}\text{C} = 363 \text{ K}$$

$$\text{Suhu basis} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

Diketahui :

$$m = 20.751,974 \text{ Kg/Jam}$$

$$C_p = 1 \text{ kkal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$Q = m \times C_{p,\text{air}} \times \Delta T$$

$$= 20.751,974 \text{ Kg/Jam} \times 1 \text{ kkal/Kg}^{\circ}\text{C} \times (90 - 25)^{\circ}\text{C}$$

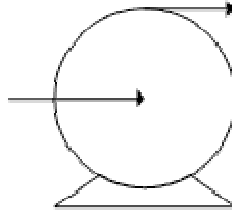
$$= 1.348.878,320 \text{ kkal/Jam}$$

$$\text{Kebutuhan daya} = \frac{Q \times 0,001622}{0,7457}$$

$$= \frac{1.348.878,320 \text{ kkal/Jam} \times 0,001622}{0,7457}$$

$$= 2.933,996 \text{ Hp}$$

D.32 Pompa XIV (P-214)



Kode : P-214

Fungsi : Memompa air dari daerator ke tangki umpan boiler

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan kontruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 64,668 gal/menit

Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,4 hP

Daya motor : 0,5 hP

Jumlah : 1 unit

D.33 Tangki Air Umpan Boiler (T-212)



Kode : T-212

Fungsi : Menyimpan air umpan boiler.

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Data desain:

Laju alir air, $F = 7.183,269 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$\begin{aligned} \text{Laju volume air total, } Q &= \frac{F}{\rho} \\ &= \frac{7.183,269 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 7,183 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

Direncanakan tangki ini mampu menampung air untuk kebutuhan 1 hari,

sehingga: Volume air dalam tangki = $7,183 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$

$$= 172,398 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume tangki umpan boiler, maka volume tangki adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times 172,398 \text{ m}^3 \\ &= 206,878 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki umpan boiler

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} Dt^2 Dt$$

$$= \frac{\pi}{4} Dt^3$$

$$= 0,785 Dt^3$$

$$206,878 \text{ m}^3 = 0,785 Dt^3$$

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{206,878 \text{ m}^3}{0,785 Dt^3}}$$

$$= 6,411 \text{ m} = 21,035 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki, $h = Dt$

$$= 6,411 \text{ m} = 21,035 \text{ ft} = 252,415 \text{ in}$$

Jari-jari tinggi silinder, $R = 3,206 \text{ m} = 126,207 \text{ in}$

Menghitung tebal dinding tangki umpan boiler

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi D t^2} \\ &= \frac{4 \times 172,398 \text{ m}^3}{3,14 \times (6,411)^2} \\ &= 5,343 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 1.000 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 5,343 \text{ m} \\ &= 52.359,217 \text{ Kg/m.s}^2 \\ &= 0,517 \text{ atm} = 7,594 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } design, P_1 &= (7,594 + 14,696) \text{ psi} \\ &= 22,290 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 22,290 \text{ psi} \\ &= 26,748 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-129 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 26,748 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 126,207 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.000 \text{ psi}$$

$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

Maka,

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$
$$= \frac{(26,748 \text{ psi} \times 126,207 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 26,748 \text{ psi})} + 0,125$$
$$= 0,5 \text{ in}$$

Digunakan tebal shell standar ½ in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu ½ in.

D.34 Tangki Penampungan Kondensat (T-213)

Kode : T-213

Fungsi : Menampung kondensat

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Data desain:

Laju alir air, $F = 9.482,953 \text{ Kg/Jam}$

Densitas air pada suhu 100°C, $\rho = 958,38 \text{ Kg/m}^3$

(Geankoplis, 2003)

$$\begin{aligned} \text{Laju volume air total, } Q &= \frac{F}{\rho} \\ &= \frac{9.482,953 \text{ Kg/jam}}{958,38 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 9,895 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

Direncanakan tangki ini mampu menampung kondensat untuk 1 hari,

$$\begin{aligned} \text{sehingga: Volume air dalam tangki} &= 9,895 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 237,475 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume tangki kondensat, maka volume tangki adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times 237,475 \text{ m}^3 \\ &= 284,969 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki kondensat

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{\pi}{4} Dt^2 Dt \\ &= \frac{\pi}{4} Dt^3 \\ &= 0,785 Dt^3 \end{aligned}$$

$$284,969 \text{ m}^3 = 0,785 Dt^3$$

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{284,969 \text{ m}^3}{0,785 Dt^3}}$$

$$= 7,134 \text{ m} = 23,404 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Tangki, } h = Dt$$

$$= 7,134 \text{ m} = 23,404 \text{ ft} = 280,850 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari tinggi silinder, } R = 3,567 \text{ m} = 140,425 \text{ in}$$

Menghitung tebal dinding tangki kondensat

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi D t^2} \\ &= \frac{4 \times 237,475 \text{ m}^3}{3,14 \times (7,134)^2} \\ &= 5,945 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 958,38 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 5,945 \text{ m} \\ &= 55.833,150 \text{ Kg/m.s}^2 \\ &= 0,551 \text{ atm} = 8,098 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } design, P_1 &= (8,098 + 14,696) \text{ psi} \\ &= 22,794 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 22,794 \text{ psi} \\ &= 27,353 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Carbon Steel SA-129 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 27,353 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 140,425 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.000 \text{ psi}$$

$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

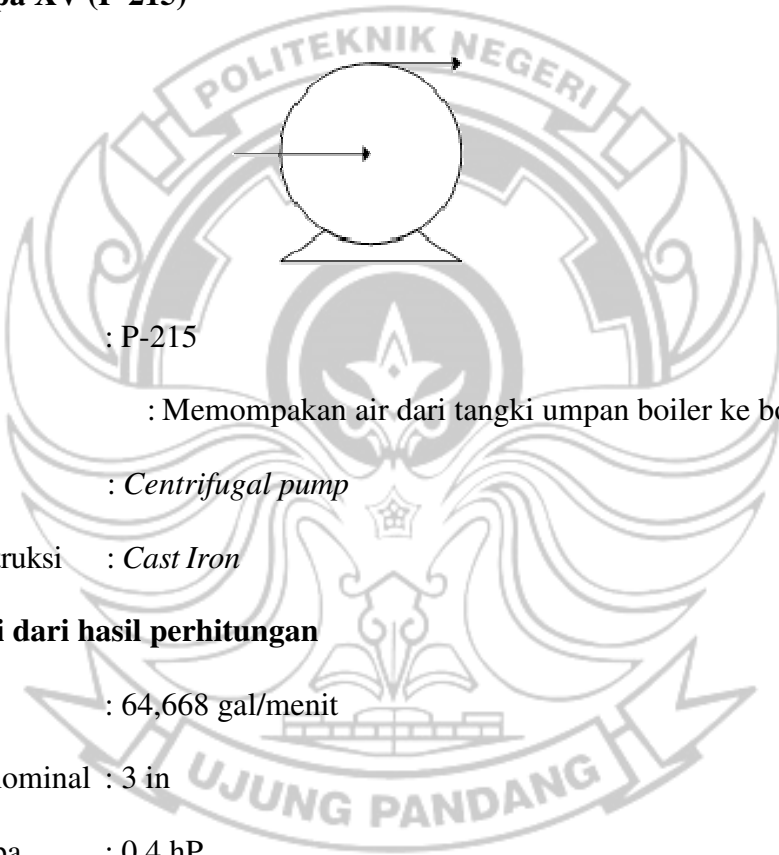
$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C \\
 &= \frac{(27,353 \text{ psi} \times 140,425 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 27,353 \text{ psi})} + 0,125 \\
 &= 0,562 \text{ in} = 0,6 \text{ in}
 \end{aligned}$$

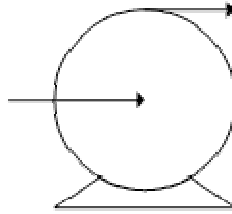
Digunakan tebal shell standar 5/8 in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu 5/8 in.

D.35 Pompa XV (P-215)



Kode	: P-215
Fungsi	: Memompakan air dari tangki umpan boiler ke boiler
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Cast Iron</i>
Spesifikasi dari hasil perhitungan	
Kapasitas	: 64,668 gal/menit
Diameter nominal	: 3 in
Daya pompa	: 0,4 hP
Daya motor	: 0,5 hP
Jumlah	: 1 unit

D.36 Pompa XVI (P-216)



Kode : P-215

Fungsi : Memompa air dari tangki penampungan kondensat ke boiler

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 80,404 gal/menit

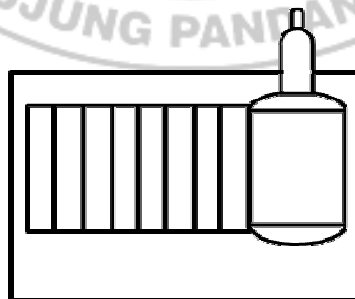
Diameter nominal : 3 in

Daya pompa : 0,5 hP

Daya motor : 0,6 hP

Jumlah : 1 unit

D.37 Boiler (BL-201)



Kode : BL-201

Fungsi : Menyediakan *steam* untuk keperluan proses

Tipe : *Water tube boiler*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Menghitung total *steam* yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} W_s &= 1,2 \times \text{total steam} \\ &= 1,2 \times 20.751,974 \text{ Kg/Jam} \\ &= 24.902,369 \text{ Kg/Jam} \approx 54.909,723 \text{ lb/Jam} \end{aligned}$$

Steam yang digunakan adalah *saturated steam* pada kondisi suhu 150°C, dari tabel *saturated steam*, diketahui data entalpi steam sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Uap jenuh, } H_v &= 2745,93 \text{ kJ/Kg} \\ &= 1180,310 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cair jenuh, } H_f &= 632,179 \text{ kJ/Kg} \\ &= 271,754 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

Power boiler dihitung sesuai persamaan :

$$\text{BHP} = \frac{W_s \times (H_v - H_f)}{970,3 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times 34,5 \frac{\text{lb/jam}}{\text{hP}}} \quad (\text{Severn, Pers 172 ; Page 140})$$

Dimana :

BHP = *Boiler Horse Power* (hP)

W_s = Massa steam yang dihasilkan (lb/jam)

H_v = Entalpi steam (Btu/lb)

H_f = Entalpi air masuk (Btu/lb)

Sehingga,

$$\text{BHP} = \frac{W_s \times (H_v - H_f)}{970,3 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times 34,5 \frac{\text{lb/jam}}{\text{hP}}}$$

$$= \frac{54.909,723 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times (1180,310 - 271,754) \text{Btu/lb}}{970,3 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times 34,5 \frac{\text{lb/jam}}{\text{hP}}}$$

$$= 1.490,308 \text{ hP}$$

Diketahui :

Heating value surface = 10 ft²/hP Boiler (Severn, hal.140)

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Heating surface boiler (A)} &= \text{BHP} \times 10 \text{ ft}^2 \\ &= 1.490,308 \text{ Hp} \times 10 \text{ ft}^2 / \text{hP} \\ &= 14.903,078 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari Table 11 Kern, 1983 direncanakan menggunakan pipa dengan spesifikasi :

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 1 \text{ in} \\ \text{OD} &= 1,32 \text{ in} \\ \text{ID} &= 1,049 \text{ in} \\ \text{Luas permukaan pipa, at} &= 0,864 \text{ ft}^2/\text{ft} \\ \text{Panjang tube, L} &= 25 \text{ ft} \\ \text{Jumlah tube, Nt} &= \frac{A}{\text{at} \times L} \\ &= \frac{14.903,078 \text{ ft}^2}{0,864 \text{ ft}^2/\text{ft} \times 25 \text{ ft}} \\ &= 690 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Umpan Boiler (Wb)

Kebutuhan air umpan boiler dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Wb} = \frac{\text{Ws}}{\text{F}}$$

Dimana, F adalah faktor evaporasi dari persamaan 173, Savern W.H hal.140

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{H_v - H_f}{970,4} \\
 &= \frac{(1180,310 - 271,754) \text{ Btu/lb}}{970,4} \\
 &= 0,936
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 W_b &= \frac{W_s}{F} \\
 &= \frac{54.909,723 \text{ lb/Jam}}{0,936} \\
 &= 58.647,326 \text{ lb/Jam} \approx 26.625,886 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

Untuk menghemat pemakaian air, *steam* bekas dari peralatan pemanas digunakan Kembali dengan asumsi, terjadi kehilangan 20% dari total *steam* sebelum disirkulasi.

$$\begin{aligned}
 \text{Kondensat steam yang disirkulasi} &= 80\% \times W_b \\
 &= 80\% \times 26.625,886 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 21.300,709 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan make up water boiler} &= W_b - \text{Kondensat steam} \\
 &= (26.625,886 - 21.300,709) \text{ Kg/Jam} \\
 &= 5.325,177 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Bahan Bakar (Wf)

Bahan bakar yang digunakan fuel oil 33°API. Berdasarkan Perry's 7thed., fig 27-3 diketahui :

Heating value, $H_v = 132000 \text{ Btu/lb} \approx 36.788,4 \text{ kJ/Kg}$

Ditentukan efisiensi boiler 85%, sehingga :

$$W_f = \frac{W_b (H_v - H_f)}{\eta \times H_v}$$

$$= \frac{26.625,886 \text{ Kg/Jam} \times (2.745,93 - 632,179) \text{ kJ/Kg}}{0.85 \times 36.788,4 \text{ kJ/Kg}}$$

$$= 1.799,432 \text{ Kg/Jam}$$

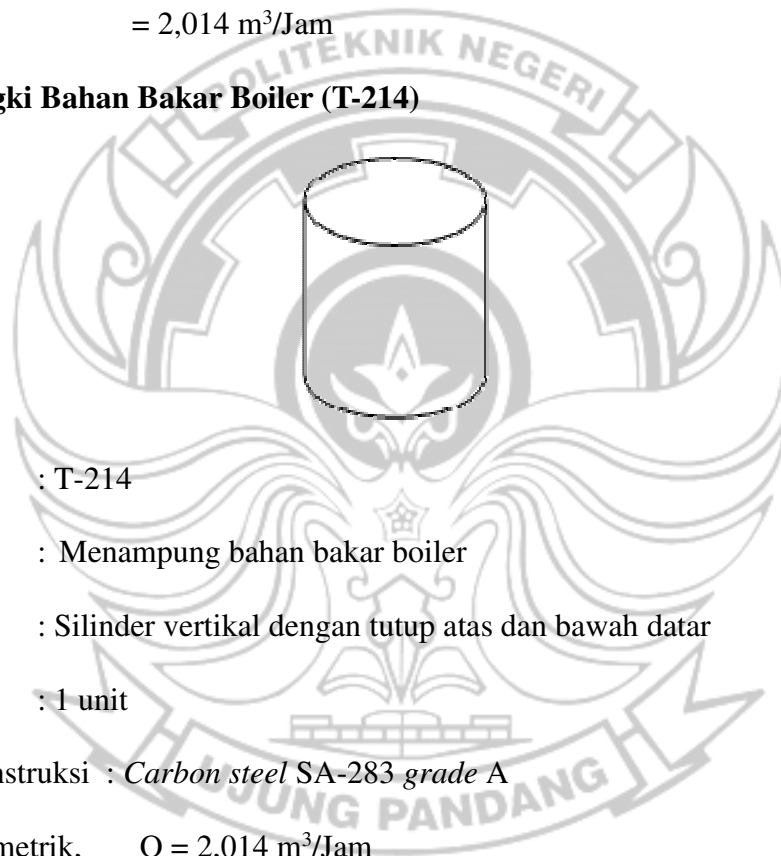
Berdasarkan Perry's 7thed., pers. 27-9 diketahui densitas fuel oil 893,33 Kg/Jam.

$$\text{Rate volumetric (Q)} = \frac{W_f}{\rho}$$

$$= \frac{1.799,432 \text{ Kg/Jam}}{893,33 \text{ Kg/Jam}}$$

$$= 2,014 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

D.38 Tangki Bahan Bakar Boiler (T-214)



Kode : T-214

Fungsi : Menampung bahan bakar boiler

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade A*

Rate volumetrik, $Q = 2,014 \text{ m}^3/\text{Jam}$

Waktu Operasi $t = 7 \text{ Hari}$

Volume cairan, $V_c = Q \times 7 \text{ Hari} \times 24 \text{ Jam/Hari}$

$$= 2,014 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 168 \text{ Jam}$$

$$= 338,402 \text{ m}^3$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume tangki bahan bakar boiler, maka

volume tangki adalah:

$$\begin{aligned}V_{\text{tangki}} &= 1,2 \times 338,402 \text{ m}^3 \\ &= 406,082 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung dimensi tangki bahan bakar boiler

$$\begin{aligned}\text{Volume silinder} &= \frac{\pi}{4} Dt^2 Dt \\ &= \frac{\pi}{4} Dt^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}406,082 \text{ m}^3 &= 0,785 Dt^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Dt &= \sqrt[3]{\frac{406,082 \text{ m}^3}{0,785 Dt^3}} \\ &= 8,028 \text{ m} = 316,043 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Tangki, } h &= Dt \\ &= 8,028 \text{ m} = 316,043 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari tinggi silinder, } R = 4,014 \text{ m} = 158,021 \text{ in}$$

Menghitung tebal dinding tangki bahan bakar boiler

Perhitungan didasarkan pada rumus (Brownell, 1959)

$$\begin{aligned}\text{Tinggi larutan dalam tangki, } h &= \frac{4 V_t}{\pi Dt^2} \\ &= \frac{4 \times 338,402 \text{ m}^3}{3,14 \times (8,028)^2} \\ &= 6,690 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 893,33 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6,690 \text{ m} \\ &= 55.833,150 \text{ pa}\end{aligned}$$

$$= 58,565 \text{ kpa}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } design, P_1 &= (58,565 + 101,325) \text{ kpa} \\ &= 159,890 \text{ Kpa} = 23,184 \text{ psi} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 23,184 \text{ psi} \\ &= 27,821 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstruksi *Steel SA-129 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 27,821 \text{ psi}$$

$$R = \text{Jari-jari dalam tangki} = 158,021 \text{ in}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.000 \text{ psi}$$

$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

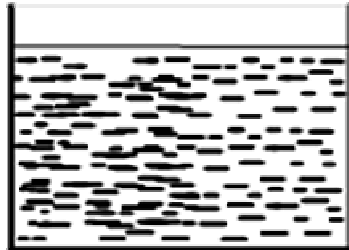
Maka,

$$\begin{aligned} t &= \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C \\ &= \frac{(27,821 \text{ psi} \times 158,021 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,6 \times 27,821 \text{ psi})} + 0,125 \\ &= 0,5 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan tebal shell standar $\frac{1}{2}$ in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu $\frac{1}{2}$ in.

WASTE WATER TRETMENT PLANT (WWTP)

D.39 Bak Penampungan Air Limbah (B-301)



Kode : B-301

Fungsi : Menampung air limbah yang akan digunakan

Tipe : Bak dengan permukaan berbentuk persegi

Bahan konstruksi : Beton

Jumlah : 1 unit

Laju alir air limbah, $F = 8.063,339 \text{ Kg/Jam}$

Densitas, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Laju volume air total, $Q = \frac{F}{\rho}$
 $= \frac{8.063,339 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$
 $= 8,063 \text{ m}^3/\text{Jam}$

Direncanakan bak ini mampu menampung air limbah untuk kebutuhan 1 hari, sehingga:

Volume air dalam bak $= 8,063 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam}$
 $= 193,520 \text{ m}^3$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan untuk mengatasi jika terjadi kebocoran ataupun masalah lainnya, maka volume bak penampungan

adalah:

$$\begin{aligned}V_{\text{Bak}} &= 1,2 \times 193,520 \text{ m}^3 \\ &= 232,224 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dimensi bak yang direncanakan,

$$\text{Panjang} = 3h$$

$$\text{Lebar} = 2h$$

$$\text{Tinggi} = h$$

$$\text{Volume bak} = \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$232,224 \text{ m}^3 = 3h \times 2h \times h$$

$$38,704 \text{ m}^3 = h^3$$

$$h = 3,383 \text{ m}$$

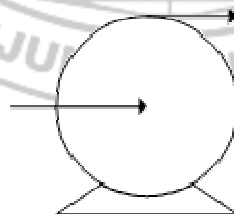
Maka diperoleh,

$$\text{Panjang} = 3h = 3 \times 3,383 \text{ m} = 10,148 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2h = 2 \times 3,383 \text{ m} = 6,765 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = h = 1 \times 3,383 \text{ m} = 3,383 \text{ m}$$

D.40 Pompa I (P-301)



Kode : P-301

Fungsi : Memompa air dari bak penampungan kondensat ke clarifier

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 39,052 gal/menit

Diameter nominal : 2 in

Daya pompa : 0,3 hP

Daya motor : 0,3 hP

Jumlah : 1 unit

D.41 Clarifier (CL-201)



Kode : CL-201

Fungsi : Mengendapkan flok yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu.

Tipe : Tangki dengan bagian bawah berbentuk konis

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Temperature, T = 30°C

Laju alir air limbah, F = 8.063,339 Kg/Jam

Densitas, ρ = 1.000 Kg/m³ (Perry, 1997)

= 62,428 lb/ft³

Waktu pengendapan = 1 Jam

Volume yang mengisi tangki (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{F}{\rho_{\text{air}}} \times \text{Waktu pengendapan} \\ &= \frac{8.063,339 \text{ kg/jam}}{1.000 \text{ Kg/m}^3} \times 1 \text{ Jam} \\ &= 8,063 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Banyaknya clarifier yang akan digunakan adalah 1 unit, sehingga:

$$\begin{aligned} V &= \frac{v}{\text{Jumlah tangki}} \\ &= \frac{8,063 \text{ m}^3}{1} \\ &= 8,063 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dirancang tangki pelarutan koagulan dengan over design 20%, maka volume tangki yakni:

$$\begin{aligned} V_t &= (100 + 20)\% \times V \\ &= 1,2 \times 8,063 \text{ m}^3 \\ &= 9,676 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jika ditetapkan ukuran tangki H/D = 1,5 dengan sudut kronis 45° maka,

$$V_t = \text{Volume silinder (Vs)} + \text{Volume kronis (Vc)}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} \\ &= \frac{3,14 \times D^2 \times 1,5 D}{4} \\ &= 1,1775 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\pi \times D^2 \times h}{12}, \text{ tinggi kronis, } h = \frac{1}{2} D \times \tan 45^\circ, \tan 45^\circ = 1 \\ &= \frac{3,14 \times D^2 \times 0,5 D}{12} \end{aligned}$$

$$= 0,131 D^3$$

Maka volume tangki, V_t :

$$V_t = \text{Volume silinder } (V_s) + \text{Volume kronis } (V_c)$$

$$= 1,1775 D^3 + 0,131 D^3$$

$$= 1,308 D^3$$

$$9,676 \text{ m}^3 = 1,308 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{9,676 \text{ m}^3}{1,308 D^3}}$$

$$= 1,948 \text{ m}$$

$$H = 1,5 D$$

$$= 1,5 \times 1,948 \text{ m}$$

$$= 2,922 \text{ m}$$

$$h = \frac{1}{2} D \times \tan 45^\circ$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,948 \text{ m} \times 1$$

$$= 0,974 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = (2,922 + 0,974) \text{ m}$$

$$= 3,897 \text{ m}$$

Desain pengaduk *clarifier*

Dipilih jenis pengaduk six-plate blade turbin 4 baffle dengan konfigurasi pengaduk sebagai berikut: (Brown, hal. 507)

$$\text{Diameter impeller, } D_a = \frac{1}{3} D$$

$$= \frac{1}{3} \times 1,948 \text{ m}$$

$$= 0,649 \text{ m} = 2,131 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang daun pengaduk, } L &= \frac{1}{4} Da \\ &= \frac{1}{4} \times 0,649 \text{ m} \\ &= 0,162 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar blade, } J &= 0,17 Da \\ &= 0,17 \times 0,649 \text{ m} \\ &= 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar baffle, } W &= 0,1 Da \\ &= 0,1 \times 0,649 \text{ m} \\ &= 0,065 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pengaduk dari dasar tangki, } E &= 1,3 \times Da \\ &= 1,3 \times 0,649 \text{ m} \\ &= 0,844 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan power pengaduk

Diketahui :

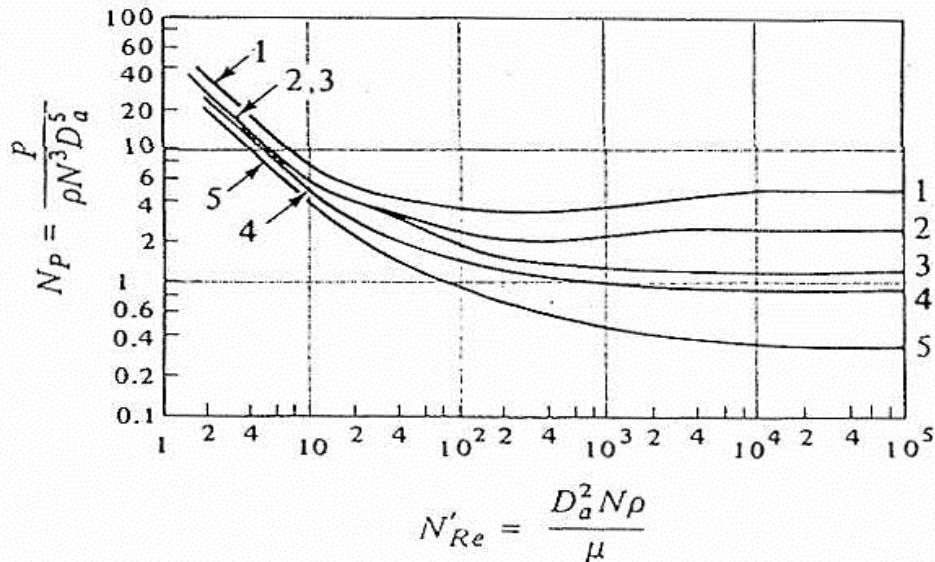
$$N = 45 \text{ rpm} = 0,75 \text{ rps} \quad (\text{Anhar et al., 2021})$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas air, } \rho &= 1.000 \text{ Kg/m}^3 \quad (\text{Perry, 1997}) \\ &= 62,428 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\mu \text{ air} = 0,899 \text{ Cp} = 0,0006 \text{ lb/ft.s}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{(2,131 \text{ ft})^2 \times 0,75 \text{ rps} \times 62,428 \text{ lb/ft}^3}{0,0006 \text{ lb/ft.s}} \end{aligned}$$

$$= 351.709,143$$



Sumber : *Transport processes and unit operations*, Geankoplis, Fig 3.4-4

Keterangan:

1. Flat six-blade turbine with disk
2. Flat six-blade open turbine
3. Six-blade open turbine but blades at 45°
4. Propeller, pitch = 2 Da
5. Propeller, pitch = Da

Dari Gambar tersebut, untuk $N'Re = 351.709,143$ diperoleh $N_p = 5,5$ dengan jenis *Flat six-blade turbine with disk*, sehingga,

$$\begin{aligned} P &= N_p \rho n^3 Da^5 \\ &= 268,063 \text{ J/s} \\ &= 0,359 \text{ hP} \end{aligned}$$

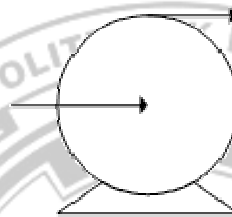
Jika efisiensi motor sebesar 80%, maka kebutuhan daya, $P = 0,5 \text{ hP}$.

Laju alir air limbah = 8.063,339 Kg/jam

Kebutuhan alum = $8.063,339 \text{ Kg/Jam} \times (50 \times 10^{-6})$
= 0,04 Kg/Jam

Kebutuhan soda abu = $0,04 \text{ Kg/Jam} \times 0,54$
= 0,022 Kg/Jam

D.42 Pompa II (P-302)



Kode : P-302

Fungsi : Memompa air dari *clarifier* ke *sand filter*

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 39,052 gal/menit

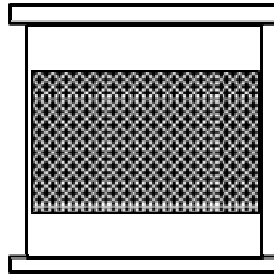
Diameter nominal : 2 in

Daya pompa : 0,3 hP

Daya motor : 0,3 hP

Jumlah : 1 unit

D.43 Bak Sand Filter (B-302)



Kode : B-302

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang masih tertinggal di dalam air dari bak penampungan air *clarifier*

Tipe : *Gravity sand filter*

Bahan konstruksi : Beton

Jumlah : 1 unit

Data desain:

Laju alir air, Q = 8.063,339 Kg/jam

= 35,479 gpm

Densitas air, ρ = 1.000 Kg/m³ (Perry, 1997)

= 62,428 lb/ft³

Volume yang mengisi tangki (V)

$$V = \frac{Q}{\rho_{\text{air}}} \times \text{Waktu pengendapan}$$

$$= \frac{8.063,339 \text{ kg/jam}}{1.000 \text{ Kg/m}^3} \times 1 \text{ Jam}$$

$$= 8,063 \text{ m}^3$$

Kecepatan penyaringan = 4 gal/min.ft²

(Brown p.230)

Luas permukaan penyaringan, A

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{\text{Kecepatan penyaringan}} \\ &= \frac{35,479 \text{ gpm}}{4 \text{ gal/min.ft}^2} \\ &= 8,870 \text{ ft}^2 \\ &= 0,824 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak *sand filter* maka volume bak adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{Bak}} &= 1,2 \times 8,063 \text{ m}^3 \\ &= 9,676 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penentuan ukuran bak *sand filter*

Untuk ukuran bak sand filter diberikan perbandingan 1:1, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= P \times L \\ &= L^2 \end{aligned}$$

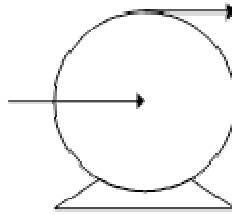
$$\begin{aligned} \text{Lebar (L)} &= A^{0,5} \\ &= (8,870 \text{ ft}^2)^{0,5} \\ &= 2,978 \text{ ft} \\ &= 0,908 \text{ m} \sim 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= L \\ &= 0,908 \text{ m} \sim 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi pasir (T)} &= \frac{V_{\text{bak}}}{A} \\ &= \frac{9,676 \text{ m}^3}{0,824 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

= 11,743 m

D.44 Pompa III (P-303)



Kode : P-303

Fungsi : Memompa air dari ke *sand filter* ke bak netralisasi.

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 39,052 gal/menit

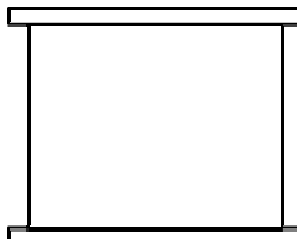
Diameter nominal : 2 in

Daya pompa : 0,3 hP

Daya motor : 0,3 hP

Jumlah : 1 unit

D.45 Bak Netralisasi (B-303)



Kode : B-303

Fungsi : Menetralisir air limbah sebelum dibuang ke lingkungan

Tipe : Bak dengan permukaan berbentuk persegi

Bahan konstruksi : Beton

Jumlah : 1 unit

Laju alir air limbah, $F = 8.063,339 \text{ Kg/Jam}$

Densitas, $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$ (Perry, 1997)

$$\begin{aligned} \text{Laju volume air total, } Q &= \frac{F}{\rho} \\ &= \frac{8.063,339 \text{ Kg/jam}}{1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 8,063 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

Direncanakan bak ini mampu menampung air limbah untuk kebutuhan 1 hari, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Volume air dalam bak} &= 8,063 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 193,520 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sebanyak 20% faktor keamanan pada volume bak penampungan untuk mengatasi jika terjadi kebocoran ataupun masalah lainnya, maka volume bak penampungan adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{Bak}} &= 1,2 \times 193,520 \text{ m}^3 \\ &= 232,224 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi bak yang direncanakan,

Panjang = 3h

Lebar = 2h

Tinggi = h

Volume bak = Panjang \times lebar \times tinggi

$$232,224 \text{ m}^3 = 3h \times 2h \times h$$

$$38,704 \text{ m}^3 = h^3$$

$$h = 3,383 \text{ m}$$

Maka diperoleh,

$$\text{Panjang} = 3h = 3 \times 3,383 \text{ m} = 10,148 \text{ m}$$

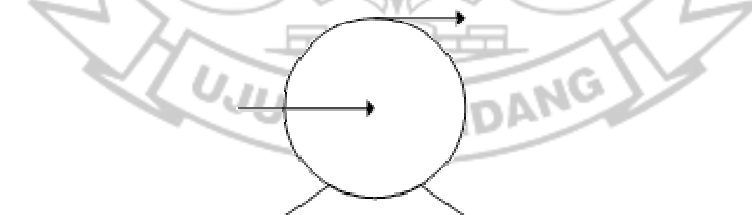
$$\text{Lebar} = 2h = 2 \times 3,383 \text{ m} = 6,765 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = h = 1 \times 3,383 \text{ m} = 3,383 \text{ m}$$

Menurut *U.S Geological Survey TWRI Book* setiap 1 m^3 air membutuhkan soda abu sebanyak 84,4 gram.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan untuk bak netralisasi} &= \frac{8.063,338 \text{ Kg/Jam}}{2.540 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 3,174 \text{ m}^3/\text{Jam} \\ &= 3,174 \text{ m}^3/\text{Jam} \times 0,085 \text{ Kg} \\ &= 0,269 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

D.46 Pompa IV (P-304)



Kode : P-304

Fungsi : Memompa air dari bak netralisasi keluar ke lingkungan

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Cast Iron*

Spesifikasi dari hasil perhitungan

Kapasitas : 39,052 gal/menit

Diameter nominal : 2 in

Daya pompa : 0,3 hP

Daya motor : 0,3 hP

Jumlah : 1 unit

Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik bioetanol ini direncanakan dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan sebagai cadangan digunakan generator.

Perincian kebutuhan listrik tersebut meliputi:

- Kebutuhan listrik pada peralatan proses

No	Nama Alat	Kode	Jumlah unit	Daya (hP)	Total Daya (hP)
1	Screw Press	SP-101	1	4	4
2	Centrifuge	CE-101	1	0.3	0.3
3	Tangki Bleaching	TP-102	1	0.36	0.36
4	Tangki NaOH	T-104	1	0.5	0.5
5	Reaktor Netralisasi	R-101	1	0.29	0.29
6	Screw Conveyer I	SC-101	1	0.5	0.5
7	Screw Conveyer II	SC-102	1	0.04	0.04
8	Pompa I	P-101	1	0.273	0.273
9	Pompa II	P-102	1	0.168	0.168
10	Pompa III	P-103	1	0.128	0.128
11	Pompa IV	P104	1	0.092	0.092
12	Pompa V	P-105	1	0.1	0.1
13	Pompa VI	P-106	1	0.065	0.065
14	Pompa VII	P-107	1	0.25	0.25
15	Pompa VIII	P-108	1	0.267	0.267
Total				7.333	7.333

Kebutuhan listrik untuk proses (P Proses)

$$\begin{aligned}
 P \text{ Proses} &= 7,333 \text{ hP} \times 745,7 \text{ watt/Hp} \\
 &= 5.468,2181 \text{ watt} \\
 &= 5,468 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

- Kebutuhan listrik pada peralatan utilitas

No	Nama Alat	Kode	Jumlah Unit	Daya (hP)	Total Daya (hP)
<i>Water Treatment Plant (WTP)</i>					
1	Tangki Pelarutan Alum	T-201	1	0.7	0.7
2	Tangki Pelarutan Soda Abu	T-202	1	0.5	0.5
3	<i>Clarifier</i>	CL-201	1	1.3	1.3
4	Tangki Pelarutan Desinfektan	T-204	1	0.2	0.2
5	<i>Cooling Tower</i>	CT-201	1	1.3	1.3
6	Dearator	D-201	1	4.57	4.57
7	Boiler	BL-201	1	1490	1490
8	Pompa I	P-201	1	0.4	0.4
9	Pompa II	P-202	1	0.5	0.5
10	Pompa III	P-203	1	0.5	0.5
11	Pompa IV	P-204	1	0.6	0.6
12	Pompa V	P-205	1	0.75	0.75
13	Pompa VI	P-206	1	0.75	0.75
14	Pompa VII	P-207	1	0.05	0.05
15	Pompa VIII	P-208	1	0.5	0.5
16	Pompa IX	P-209	1	0.5	0.5
17	Pompa X	P-210	1	0.5	0.5
18	Pompa XI	P-211	1	0.3	0.3
19	Pompa XII	P-212	1	0.1	0.1
20	Pompa XIII	P-213	1	0.5	0.5
21	Pompa XIV	P-214	1	0.5	0.5
22	Pompa XV	P-215	1	0.5	0.5
23	Pompa XVI	P-216	1	0.6	0.6
<i>Waste Water Treatment Plant (WWTP)</i>					
24	<i>Clarifier</i>	CL-301	1	0.5	0.5
25	Pompa I	P-301	1	0.3	0.3

No	Nama Alat	Kode	Jumlah Unit	Daya (hP)	Total Daya (hP)
26	Pompa II	P-302	1	0.3	0.3
27	Pompa III	P-303	1	0.3	0.3
28	Pompa IV	P-304	1	0.3	0.3
Total			28	1507.82	1507.82

Kebutuhan listrik untuk utilitas (P Utilitas)

$$\begin{aligned}
 P \text{ Proses} &= 1507,82 \text{ hP} \times 745,7 \text{ watt/HP} \\
 &= 1.124.381,374 \text{ Watt} \\
 &= 1.124,381 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ Pabrikasi} &= P \text{ Proses} + P \text{ Utilitas} \\
 &= (5,468 + 1.124,381) \text{ kW} \\
 &= 1.129,849 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Faktor keamanan 20%

$$\begin{aligned}
 P \text{ Pabrikasi} &= 1,2 \times 1.129,849 \text{ kW} \\
 &= 1.355,819 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

- Kebutuhan listrik untuk penerangan

No	Penggunaan Lahan	P (m)	L (m)	Banyak unit	Luas (m ²)	Kebutuhan daya (watt/m ²)	Total daya (watt)
1	Mushola	12	5	1	60	10	600
2	Kantin	12	4	1	48	10	480
3	Tempat Parkir	12	8	2	192	5	960
4	Pos Penjaga	5	5	2	50	5	250
5	Ruang Laboratorium	8	5	1	40	10	400
6	Bengkel	6	6	1	36	5	180
7	Gudang Produk	30	15	1	450	10	4500

No	Penggunaan Lahan	P (m)	L (m)	Banyak unit	Luas (m ²)	Kebutuhan daya (watt/m ²)	Total daya (watt)
8	Ruang Kontrol	10	10	1	100	10	1000
9	Gudang Bahan Baku	20	12	1	240	10	2400
10	Area Proses	150	30	1	4500	25	112500
11	Area Utilitas	150	30	1	4500	25	112500
12	Taman	20	10	1	200	10	2000
13	Poli Klinik	8	5	1	40	10	400
14	Gedung Perkantoran	30	17	1	510	10	5100
15	Gedung Peralatan	20	12	1	240	10	2400
16	Area Perluasan	300	60	1	18000	10	180000
Total						425670	

$$P \text{ Penerangan} = 425.670 \text{ kW}$$

$$= 42,567 \text{ kW}$$

Faktor keamanan 20%

$$P \text{ Penerangan} = 1,2 \times 42,567 \text{ kW}$$

$$= 51,08 \text{ kW}$$

- Kebutuhan listrik untuk instrumentasi dan lain-lain (Pe)

(Diasumsikan sebesar 40 Kw dengan faktor keamanan 20%)

$$Pe = 0,2 \times 40 \text{ kW}$$

$$= 8 \text{ kW}$$

- Total kebutuhan listrik (P)

$$P = P \text{ Pabrikasi} + P \text{ Penerangan} + Pe$$

$$= 1.355,819 \text{ kW} + 51,08 \text{ kW} + 8 \text{ kW}$$

$$= 1.414,907 \text{ kW}$$

Unit Penyediaan Bahan Bakar

Generator disediakan untuk menyuaplai kebutuhan listrik proses dan utilitas apabila terjadi gangguan listrik dari PLN. Diketahui power faktor untuk generator penggerak mesin diesel sebesar 80%. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah minyak solar karena minyak solar lebih efisien dan mempunyai nilai bakar yang tinggi.

$$\begin{aligned}\text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Total kebutuhan listrik}}{\text{power factor}} \\ &= \frac{1.454,899 \text{ kW}}{0,80} \\ &= 1.818,624 \text{ kW} \\ &= 6.205.406,363 \text{ Btu/Jam}\end{aligned}$$

$$\text{Nilai bahan bakar solar} = 19.860 \text{ Btu/lb} \quad (\text{Perry, 1999})$$

$$\text{Densitas bahan bakar solar} = 0,89 \text{ Kg/L} \quad (\text{Perry, 1999})$$

Jumlah solar yang dibutuhkan untuk bahan bakar

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{Daya yang dibutuhkan} \left(\frac{\text{Btu}}{\text{Jam}}\right)}{\text{Nilai bahan bakar} \left(\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}\right)} \\ &= \frac{6.205.406,363 \text{ Btu/Jam}}{19.860 \text{ Btu/lb}} \\ &= 312,457 \text{ lb/Jam} \\ &= 141,855 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan solar} &= \frac{141,855 \text{ Kg/Jam}}{0,89 \text{ Kg/L}} \\ &= 159,388 \text{ L/Jam}\end{aligned}$$

Diperkirakan total gangguan listrik dari PLN selama 1 tahun produksi sebanyak 2 minggu atau 336 jam.

Bahan bakar untuk kebutuhan generator:

$$= 336 \text{ jam/tahun} \times 159,388 \text{ L/Jam} = 53.554,516 \text{ L/Tahun}$$

Tangki Bahan Bakar Generator

Fungsi : Tempat menyimpan bahan bakar solar

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-129 grade A*

Kondisi operasi:

Tekanan = 1 Atm

Waktu operasi = 7 hari

Laju volume solar = 159,4 L/Jam

Menentukan ukuran tangki

Volume cairan dalam tangki

$$= \text{Volume cairan} \times 7 \text{ hari} \times 24 \text{ Jam/Hari}$$

$$= 159,4 \text{ L/Jam} \times 168 \text{ Jam}$$

$$= 26.783,846 \text{ L}$$

$$= 26,784 \text{ m}^3$$

Untuk operasi fase cair, volume cairan = 85% dari volume tangki

$$V_{\text{shell}} = \frac{\text{Volume larutan}}{85\%}$$

$$= \frac{26,784 \text{ m}^3}{85\%}$$

$$= 31,51 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi silinder $D : H = 1 : 2$

$$\text{Volume silinder} = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$= \frac{\pi}{4} 2Dt^3$$

$$Dt = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_{\text{shell}}}{2 \times \pi}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{4 \times 31,51}{2 \times 3,14}}$$

$$= 2,717 \text{ m} = 106,991 \text{ in}$$

$$H_{\text{shell}} = 5,435 \text{ m}$$

Volume campuran dalam tangki = $\pi D^2 \frac{H_i}{4}$, sehingga

Tinggi campuran dalam tangki, H_i

$$= \frac{26,784 \text{ m}^3}{\frac{3,14}{4} \times 2,717^2}$$

$$= 4,619 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P &= \rho \times g \times h \\ &= 890,0 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 4,619 \text{ m} \\ &= 40.294,873 \text{ Kg/m.s}^2 \\ &= 40.294,873 \text{ pa} \\ &= 40,295 \text{ kpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan awal, } P_0 = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan } \textit{design}, P_1 &= (40,295 + 101,325) \text{ kpa} \\ &= 141,619 \text{ kpa} \end{aligned}$$

Faktor keamanan sebesar 20%, sehingga

$$\begin{aligned} P_1 &= (100 + 20)\% \times 141,619 \text{ kpa} \\ &= 169,944 \text{ kpa} \\ &= 24,642 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk bahan konstriksi *Carbon Steel SA-129 grade A* (Brownell, 1959) diperoleh

data:

Diketahui:

$$P_1 = \text{Tekanan design} = 24,642 \text{ psi}$$

$$S = \text{Allowable stress, psi} = 10.000 \text{ psi}$$

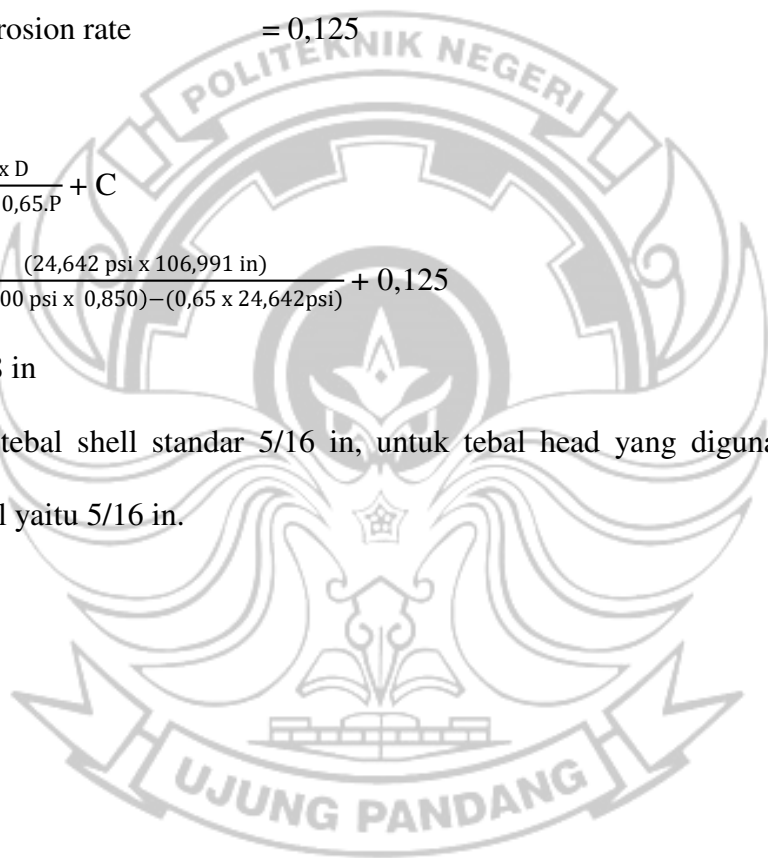
$$E = \text{welded-point efficiency} = 0,850$$

$$C = \text{Corrosion rate} = 0,125$$

Maka,

$$\begin{aligned} t &= \frac{P \times D}{2f.E-0,65.P} + C \\ &= \frac{(24,642 \text{ psi} \times 106,991 \text{ in})}{(10.000 \text{ psi} \times 0,850) - (0,65 \times 24,642 \text{ psi})} + 0,125 \\ &= 0,28 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan tebal shell standar 5/16 in, untuk tebal head yang digunakan sama dengan shell yaitu 5/16 in.



LAMPIRAN E
ANALISIS EKONOMI

Kapasitas produksi : 3.000 Ton/Tahun

Nilai tukar rupiah : Rp. 15.458,450

Pengadaan Alat, tahun : 2024

Mulai konstruksi : 2024

Lama konstruksi : 2 Tahun

Mulai beroperasi : 2027

Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang telah direncanakan layak untuk didirikan atau tidak. Untuk itu, perlu dilakukan evaluasi atau penilaian investasi, dengan mempertimbangkan hal-hal berikut ini:

1. Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return*, IRR)
2. Waktu pengembalian modal minimum (*Minimum Pay Out Period*, MPP)
3. Titik impas (*Break Event Point*, BEP)

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga faktor diatas perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penaksiran modal (*Total Capital Investment* , TCI) yang meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*, FCI)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*, WCI)
2. Penentuan biaya produksi (*Total Production Cost*, TPC) yang terdiri :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Plant Overhead (*Plant overhead cost*)

c. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Biaya Total

Untuk mengetahui besarnya titik impas (BEP) perlu dilakukan penaksiran

- a. Biaya tetap
- b. Biaya semi variabel
- c. Biaya variabel

E.1 Harga Peralatan

Harga peralatan akan selalu berubah tergantung pada fluktuasi ekonomi. Untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun pabrik dibangun maka diperlukan data indeks harga dari tahun-tahun sebelumnya. Indeks harga merupakan ukuran statistik untuk membandingkan perubahan harga dari tahun ketahun. Harga alat sekarang dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{\text{Indeks harga tahun sekarang}}{\text{Indeks harga tahun X}} \times \text{Harga tahun X}$$

(Peter & Timmerhaus, 1991 p. 164)

Tabel E. 1 Data Indeks Harga Peralatan Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) 2005-2020

Tahun	Indeks
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4
2008	575.4
2009	521.9
2010	550.8
2011	585.7
2012	584.6
2013	567.3

Tahun	Indeks
2014	576.1
2015	556.8
2016	541.7
2017	567.5
2018	603.1
2019	607.5
2020	636.3

Dengan metode *Least Square* (Peter and Timmerhaus, 1991) dapat dilakukan penaksiran index harga rata-rata pada tahun pembelian peralatan 2024. Adapun persamaan yang dihasilkan dari metode *Least Square* sebagai berikut:

$$y = a + b (x - \bar{x})$$

Keterangan :

$a = \bar{y}$, (harga rata-rata y)

$$b = \frac{\sum(\bar{x}-x)(\bar{y}-y)}{\sum(\bar{x}-x)^2}$$

Tabel E. 2 Penaksiran Indeks Harga dengan Metode Least Square

Data	x	y	$(\bar{x} - x)^2$	$(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)$
1	2005	468.2	56.25	692.203
2	2006	499.6	42.25	395.809
3	2007	525.4	30.25	193.016
4	2008	575.4	20.25	-67.078
5	2009	521.9	12.25	135.078
6	2010	550.8	6.25	24.234
7	2011	585.7	2.25	-37.809
8	2012	584.6	0.25	-12.053
9	2013	567.3	0.25	3.403
10	2014	576.1	2.25	23.409
11	2015	556.8	6.25	-9.234
12	2016	541.7	12.25	-65.778
13	2017	567.5	20.25	31.528
14	2018	603.1	30.25	234.334
15	2019	607.5	42.25	305.541
16	2020	636.3	56.25	568.547

Data	x	y	$(\bar{x} - x)^2$	$(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)$
Total	32200	8967.9	340	2415.150
Rata-rata	2012.5	560.494		

Dimana,

$$a = \bar{y} = 560,494$$

$$b = \frac{\sum(\bar{x}-x)(\bar{y}-y)}{\sum(\bar{x}-x)^2}$$

$$= \frac{2.415,150}{340}$$

$$= 7,103$$

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

$$= 560,494 + 7,103(x - 2.012,5)$$

untuk $x = 2027$ maka,

$$y = 560,494 + 7,103(x - 2.012,5)$$

$$= 560,494 + 7,103(2024 - 2.012,5)$$

$$= 642,183$$

E.2 Perhitungan Harga Peralatan Proses

Harga peralatan proses pada perhitungan analisa ekonomi ini merupakan harga yang didapatkan dari <http://www.matche.com> yang memberikan harga dari Gulf Coast USA, data yang diperoleh dari <http://www.matche.com> merupakan data tahun 2014.

Contoh perhitungan

Cooling Tower (CT-201)

Harga tahun 2014 = \$795.300 (sumber:www.matche.com)

Harga tahun 2023 = $\frac{\text{indeks tahun 2024}}{\text{indeks tahun 2014}} \times \text{tahun 2014}$

$$= \frac{642,183}{576,1} \times 795.300$$

$$= \$886.526,4$$

$$\text{Cost Total (2024)} = \$ \times \text{jumlah alat}$$

$$= \$886.526,4 \times 1$$

$$= \$886.526,4$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, berikut seluruh harga alat pada tahun 2024:

Tabel E. 3 Harga Peralatan Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga Alat		Total Harga
			Harga \$ 2014	Harga \$ 2024	
Gudang Bahan Baku Jagung	G-101	1	14454,530	16112,564	16112,564
Tangki Perebusan	T-101	1	12000,000	13376,483	13376,483
Screw Press	SP-101	1	34608,900	38578,780	38578,780
Centrifuge	CE-101	1	23500,000	26195,612	26195,612
Gudang Penyimpanan Bleaching Earth	G-102	1	2611,494	2911,050	2911,050
Tangki Bleaching	T-102	1	39500,000	44030,923	44030,923
Leaf Filter Press	LFP-101	1	17600,000	19618,842	19618,842
Tangki akumulator	T-103	1	35800,000	39906,507	39906,507
Tangki NaoH	T-104	1	5900,000	6576,771	6576,771
Reaktor Netralisasi	R-101	1	19700,000	21959,726	21959,726
Decanter	DC-101	1	15800,000	17612,369	17612,369
Cooler	CO-101	1	1400,000	1560,590	1560,590
Tangki Penyimpanan	T-105	1	42700,000	47597,985	47597,985
Screw Conveyer I	SC-101	1	1400,000	1560,590	1560,590
Screw Conveyer II	SC-102	1	100,000	111,471	111,471
Pompa I	P-101	1	2300,000	2563,826	2563,826
Pompa II	P-102	1	2300,000	2563,826	2563,826
Pompa III	P-103	1	2300,000	2563,826	2563,826
Pompa IV	P104	1	2300,000	2563,826	2563,826
Pompa V	P-105	1	2300,000	2563,826	2563,826
Pompa VI	P-106	1	2300,000	2563,826	2563,826
Pompa VII	P-107	1	2300,000	2563,826	2563,826

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga Alat		Total Harga
			Harga \$ 2014	Harga \$ 2024	
Pompa VIII	P-108	1	2300,000	2563,826	2563,826
Total			283174,924	318220,868	318220,868

(sumber: www.matche.com)

Kurs Dollar Amerika \$1 = Rp. 15.458,45 (<https://id.valutafx.com/USD-IDR.htm>)

Jadi, Harga Peralatan Proses pada Tahun 2024

$$= \text{Rp. } 15.458,45 \times \$318.220,868$$

$$= \text{Rp. } 4.919.201.378,412$$

Tabel E. 4 Harga Peralatan Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga Alat		Total Harga
			Harga \$ 2014	Harga \$ 2024	
Bak Penampungan					
Water Intake	B-201	1	2491,036	2234,700	2234,700
Screening	SC-202	2	42000,000	46817,690	93635,380
Tangki Pelarutan Alum	T-201	1	33400,000	37231,211	37231,211
Tangki Pelarutan Soda					
Abu	T-202	1	17300,000	19284,429	19284,429
Clarifier	CL-201	1	16160,000	18013,664	18013,664
Bak Reservoir	B-202	1	2491,036	2234,700	2234,700
Bak Sand Filter	B-203	1	27800,000	30988,852	30988,852
Tangki Penampungan					
Air Bersih	T-203	1	61000,000	67997,121	67997,121
Tangki Pelarutan					
Desinfektan	T-204	1	14700,000	16386,191	16386,191
Tangki Penampungan					
Air Sanitasi	T-205	1	41700,000	46483,278	46483,278

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga Alat		Total Harga
			Harga	Harga	
			\$ 2014	\$ 2024	
Tangki Kation					
Exchanger	T-206	1	36100,000	40240,919	40240,919
Tangki Pelarutan					
H ₂ SO ₄	T-207	1	32000,000	35670,621	35670,621
Tangki Anion					
Exchanger	T-208	1	36100,000	40240,919	40240,919
Tangki Pelarutan NaOH	T-209	1	32000,000	35670,621	35670,621
Tangki Penampungan					
Air Proses	T-210	1	56400,000	62869,469	62869,469
Cooling Tower	CT-201	1	795300,000	886526,400	886526,400
Tangki Penampungan					
Air Pendingin	T-211	1	58300,000	64987,412	64987,412
Daerator	D-201	1	62600,000	69780,652	69780,652
Tangki Air Umpan					
Boiler	T-212	1	55700,000	62089,175	62089,175
Tangki Penampungan					
Kondensat	T-213	1	58000,000	64653,000	64653,000
Boiler	BL-201	1	384100,000	428158,922	428158,922
Tangki Bahan Bakar					
Boiler	T-214	1	42600,000	47486,514	47486,514
Pompa I	P-201	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa II	P-202	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa III	P-203	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa IV	P-204	1	3400,000	3790,003	3790,003
Pompa V	P-205	1	2000,000	2229,414	2229,414
Pompa VI	P-206	1	2000,000	2229,414	2229,414
Pompa VII	P-207	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa VIII	P-208	1	4500,000	5016,181	5016,181

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga Alat		Total Harga
			Harga	Harga	
			\$ 2014	\$ 2024	
Pompa IX	P-209	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa X	P-210	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa XI	P-211	1	4000,000	4458,828	4458,828
Pompa XII	P-212	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa XIII	P-213	1	3400,000	3790,003	3790,003
Pompa XIV	P-214	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa XV	P-215	1	4500,000	5016,181	5016,181
Pompa XVI	P-216	1	4500,000	5016,181	5016,181
Waste Water Treatment Plant (WWTP)					
Bak Penampungan Air					
Limbah	B-301	1	4942,390	5509,316	5509,316
Clarifier	CL-301	1	16160,000	18013,664	18013,664
Bak Sand Filter	B-302	1	91600,000	102107,152	102107,152
Bak Netralisasi	B-303	1	4942,390	5509,316	5509,316
Pompa I	P-301	1	3400,000	3790,003	3790,003
Pompa II	P-302	1	3400,000	3790,003	3790,003
Pompa III	P-303	1	3400,000	3790,003	3790,003
Pompa IV	P-304	1	3400,000	3790,003	3790,003
Total			2103786,851	2344021,577	2390839,267

Jadi, Harga Peralatan Utilitas pada Tahun 2024

$$= \text{Rp. } 15.458,45 \times \$2.390.839,267$$

$$= \text{Rp. } 36.958.669.269,046$$

Total harga peralatan (E) = Harga peralatan proses + Harga peralatan utilitas

$$= \text{Rp. } 4.919.201.378,412 + \text{Rp. } 36.958.669.269,046$$

= Rp. 41.877.870.647,458

E.3 Harga Bahan Dan Penjualan Produk

Bahan Baku

Harga bahan baku didasarkan pada website (<https://m.alibaba.com>) dan (<https://m.bukalapak.com>). Perhitungan biaya bahan baku yang dibutuhkan selama 1 tahun.

Tabel E. 5 Biaya kebutuhan bahan baku

Kebutuhan	Kg/Jam	Ton/Tahun	Harga/Ton (Rp)	Total Biaya (Rp)
Biji Jagung	8025,999	63565,909	3500000,000	222480682727,883
NaOH	0,117	0,923	2383400,000	2200580,906
Bleaching earth	4,575	36,233	9000000,000	326093114,970
Bahan Bakar	159,427	53567,472	15500,000	830295816,000
Total				223639272239,758

Total biaya bahan baku = Rp. 223.639.272.239,758

Bahan Utilitas

Harga bahan utilitas didasarkan pada website (<https://m.alibaba.com>) dan (<https://m.bukalapak.com>). Perhitungan biaya bahan utilitas yang dibutuhkan selama 1 tahun.

Tabel E. 6 Biaya kebutuhan bahan utilitas

Biaya utilitas	Kg/jam	Ton/Tahun	Harga/Ton (Rp)	Total Biaya (Rp)
AL ₂ (SO ₄) ₃	1,163	9,213	2869633,000	26439191,473
NaCO ₃	0,897	7107,331	4744389,000	33719944658,056
CaOCl ₂	0,152	1204,072	4000000,000	4816286288,169
NaOH	90,931	90,931	2983311,000	271276433,625
H ₂ SO ₄	90,931	90,931	1150000,000	104571028,186
Bahan Bakar	2,014	338,352	13450,000	4550834,400
Total				38943068433,911

Total biaya bahan baku = Rp. 38.943.068.433,911

Total harga bahan = Harga bahan baku + Harga bahan utilitas
= Rp. 223.639.272.239,758 + Rp. 38.943.068.433,911
= Rp. 262.582.340.673,669

Hasil Penjualan Produk

Minyak Jagung

Produksi : 3000 Ton/Tahun
Harga/Liter : Rp. 98.500
Produk : 4.161.464,836 L
Total Harga/Tahun : Rp. 409.904.286.308,781

Dedak Jagung

Produksi : 2.234,898 Ton/Tahun
Harga/Kg : Rp. 7.500
Total Harga/Tahun : Rp. 16.761.734.365,412
Total Harga Produk/Tahun
= Rp. 409.904.286.308,781 + Rp. 16.761.734.365,412
= Rp. 426.666.020.674,193

E.4 Biaya Tanah

Diperkirakan luas tanah dan bangunan dalam perancangan pabrik minyak jagung ini adalah seluas 3,5 hektar atau setara dengan 35.000 m². Harga tanah di Jeneponto berada pada range Rp.195.000 – Rp.350.000 (<https://www.olx.co.id>).

Harga tanah per m² = Rp. 220.000

Harga tanah total = Rp. 7.700.000.000

Ketinggian dari tanah timbun 1 m

Kebutuhan tanah timbun = Luas tanah x tinggi tanah timbun

Kebutuhan tanah timbun = $35.000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} = 25.746 \text{ m}^3$

Harga tanah timbun/m³ = Rp. 35.000

Harga tanah timbun total = Rp. 612.500.000

Harga tanah keseluruhan = Rp. 8.312.500.000

E.5 Gaji Karyawan

Tabel E. 7 Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah (Orang)	Gaji perbulan/orang (Rp)	Total (Rp)
Dewan komisaris	1	100000000	100000000
Direktur utama	1	60000000	60000000
Direktur teknik & produksi	1	60000000	60000000
Direktur keuangan & pemasaran	1	60000000	60000000
Staf ahli	1	15000000	15000000
Staf penelitian & Pengembangan	1	15000000	15000000
Sekretaris	1	7000000	7000000
Supervisor (Kepala Bagian)			
Supervisor produksi	1	8000000	8000000
Supervisor teknik	1	8000000	8000000
Supervisor keuangan & pemasaran	1	8000000	8000000
Supervisor umum	1	8000000	8000000
Kepala Seksi			
Kepala seksi proses	1	7000000	7000000
Kepala seksi utilitas	1	7000000	7000000
Kepala seksi laboratorium	1	7000000	7000000
Kepala seksi pemeliharaan	1	7000000	7000000
Kepala seksi K3 dan lingkungan	1	7000000	7000000
Kepala seksi instrumen	1	7000000	7000000
Kepala keuangan & administrasi	1	7000000	7000000
Kepala seksi pemasaran	1	7000000	7000000
Kepala seksi pembukuan	1	7000000	7000000
Kepala seksi personalia	1	7000000	7000000

2 . Instrumentasi dan pengendalian	8% E	Rp 3.350.229.651,797
3. Instalasi	14% E	Rp 5.862.901.890,644
4. Perpipaan	20% E	Rp 8.375.574.129,492
5. Listrik	10% E	Rp 4.187.787.064,746
6. Bangunan Pabrik	18% E	Rp 7.538.016.716,542
7. Service Vact. & Yard Improvement	20% E	Rp 8.375.574.129,492
8. Tanah		Rp 8.312.500.000
Total Biaya Langsung (DC)		Rp 87.880.454.230,170

B. Biaya tidak Langsung (Indirect Cost, IC)

1. Engineering and supervision	21% E	Rp 18.454.895.388,336
2. Construction Expenses	10% E	Rp 8.788.045.423,017
3. Ongkos Kontraktor	5% E	Rp 4.394.022.711,508
4. Biaya tak terduga	10% E	Rp 8.788.045.423,017

Indirect Cost (IC) Rp 40.425.008.945,878

C. Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned}
 \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp } 87.880.454.230,170 + \text{Rp } 40.425.008.945,878 \\
 &= \text{Rp } 128.305.463.176,048
 \end{aligned}$$

D. Modal Kerja (Working Capital Investment, WCI)

$$\text{WCI} = 15\% \text{ TCI} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, 1991 p. 183})$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 128.305.463.176,048 + 15\% \text{ TCI}$$

$$\text{TCI} = \frac{\text{Rp } 128.305.463.176,048}{85\%}$$

TCI = Rp 150.947.603.736,527

WCI = 15% x Rp 150.947.603.736,527

= Rp 22.642.140.560,479

Jadi,

Modal Tetap (FCI) = Rp 128.305.463.176,048

Modal Kerja (WCI) = Rp 22.642.140.560,479 +

Total Investasi (TCI) = Rp 150.947.603.736,527

Modal investasi terbagi atas :

1. Modal sendiri (equity) 70% FCI = Rp 89.813.824.223,233

2. Modal Pinjaman Bank (loan) 30% FCI = Rp 38.491.638.952,814

E.7 Penentuan Biaya Produksi

A. Biaya produksi langsung (Direct Production Cost, DPC)

Presentase estimasi total biaya produk didasarkan pada buku Peter & Timmerhaus, 1991 hal. 210-211.

1. Bahan Baku (1 tahun) Rp. 262.582.340.673,669

2. Tenaga kerja (L) Rp. 10.280.400.000

3. Biaya supervisi 15% L Rp. 1.542.060.000

4. Utilitas 10% TPC

5. Perawatan perbaikan (M) 10% FCI Rp 12.830.546.317,605

6. Operating supplies 15% M Rp 1.924.581.947,641

7. Laboratorium 8% L Rp 822.432.000,000

8. Paten dan royalti 1% TPC

Total biaya produksi langsung (DPC) Rp 289.982.360.938,914 + 1% TPC

B. Biaya tetap (Fixed Charges, FC)

1. Depresiasi (peralatan,bangunan)	10% FCI	Rp 12.830.546.317,605
2. Pajak	1% FCI	Rp 1.283.054.631,760
3. Asuransi	0,4% FCI	Rp 513.221.852,704
4. Bunga	8% loan	Rp 4.618.996.674,338
Total biaya tetap (FC)		Rp 19.245.819.476,407

C. Biaya plant overhead (Plant Overhead cost)

Plant Overhead Cost (POC) 5% TPC (Peter & Timmerhaus, 1991 p. 211)

D. Biaya pengeluaran umum (General Expenses)

Presentase estimasi *general expenses* didasarkan pada buku Peter & Timmerhaus, 1991 hal. 210-211.

1. Biaya administrasi	2% TPC
2. Biaya distribusi dan penjualan	4% TPC
3. Biaya R & D	4% TPC
Total pengeluaran umum (GE)	10% TPC

Total Biaya Pembuatan (Manufacturing Cost, MC)

MC	= DPC + FC + POC, dimana:
DPC	= Rp 289.982.360.938,914 + 1% TPC
FC	= Rp 19.245.819.476,407
POC	= 5% TPC +
MC	= Rp 309.228.180.415,321 + 6% TPC
TPC	= MC + GE
MC	= Rp 309.228.180.415,321 + 6% TPC
GE	= 10% TPC +
TPC	= Rp 309.228.180.415,321 + 16% TPC

$$\text{TPC} = \frac{\text{Rp } 309.228.180.415,321}{84\%}$$

$$\text{TPC} = \text{Rp } 368.128.786.208,716$$

Sehingga,

$$\text{MC} = \text{Rp } 331.315.907.587,844$$

$$\text{GE} = \text{Rp } 36.812.878.620,872$$

$$\text{TPC} = \text{Rp } 368.128.786.208,716$$

E.8 Analisa Ekonomi Metode Linear

$$\text{Fixed Capital Investment, FCI} : \text{Rp } 128.305.463.176,048$$

$$\text{Modal sendiri (equity), 70\% dari FCI} : \text{Rp } 89.813.824.223,233$$

$$\text{Modal pinjaman (loan), 30\% dari FCI} : \text{Rp } 38.491.638.952,814$$

$$\text{Biaya produksi, TPC} : \text{Rp } 368.128.786.208,716$$

$$\text{Depresiasi} : \text{Rp } 12.830.546.317,605$$

$$\text{Harga jual produk} : \text{Rp. } 426.666.020.674,193$$

- **Perhitungan Laba, (Peter & Timmerhaus, 1991 p. 209).**

Laba Sebelum Pajak (Laba Kotor)

$$\begin{aligned} \text{Laba sebelum pajak} &= \text{Harga jual produk} - \text{Biaya produksi (TPC)} \\ &= \text{Rp. } 426.666.020.674,193 - \text{Rp } 368.128.786.208,716 \\ &= \text{Rp } 58.537.234.465,477 \end{aligned}$$

Pajak Perusahaan

$$\begin{aligned} \text{Pajak perusahaan} &= 30\% \times \text{laba sebelum pajak} \\ &= 30\% \times \text{Rp } 58.537.234.465,477 \\ &= \text{Rp } 17.561.170.339,643 \end{aligned}$$

Laba Sesudah Pajak (Laba Bersih)

$$\text{Laba sesudah pajak} = \text{Laba sebelum pajak} - \text{pajak perusahaan}$$

$$= \text{Rp } 58.537.234.465,477 - \text{Rp } 17.561.170.339,643$$

$$= \text{Rp } 40.976.064.125,834$$

- **ROR (rate of return)**

$$\begin{aligned} \text{ROR (rate of return) sebelum pajak} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{TCI}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 58.537.234.465,477}{\text{Rp } 150.947.603.736,527} \times 100\% \\ &= 38,780 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROR (rate of return) sesudah pajak} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{TCI}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 40.976.064.125,834}{\text{Rp } 150.947.603.736,527} \times 100\% \\ &= 27,146 \% \end{aligned}$$

- **Analisa Break Even Point (BEP)**

Analisa Break Even Point (BEP) pada industri adalah metode untuk menentukan titik impas, yaitu kondisi di mana total pendapatan suatu perusahaan sama dengan total biaya yang dikeluarkan. Pada titik ini, perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Analisa BEP penting dalam industri untuk memahami berapa banyak produk atau jasa yang harus dijual agar semua biaya operasional tertutup. Dengan kata lain, BEP membantu perusahaan mengetahui jumlah penjualan minimum yang diperlukan untuk tidak mengalami kerugian. Setelah melewati titik BEP, setiap penjualan tambahan akan menghasilkan keuntungan.

Tabel E. 8 Data-data untuk grafik BEP

Analisa Titik Impas	
Fixed Cost (FC)	= Rp 19.245.819.476,407

Variable Cost (VC)

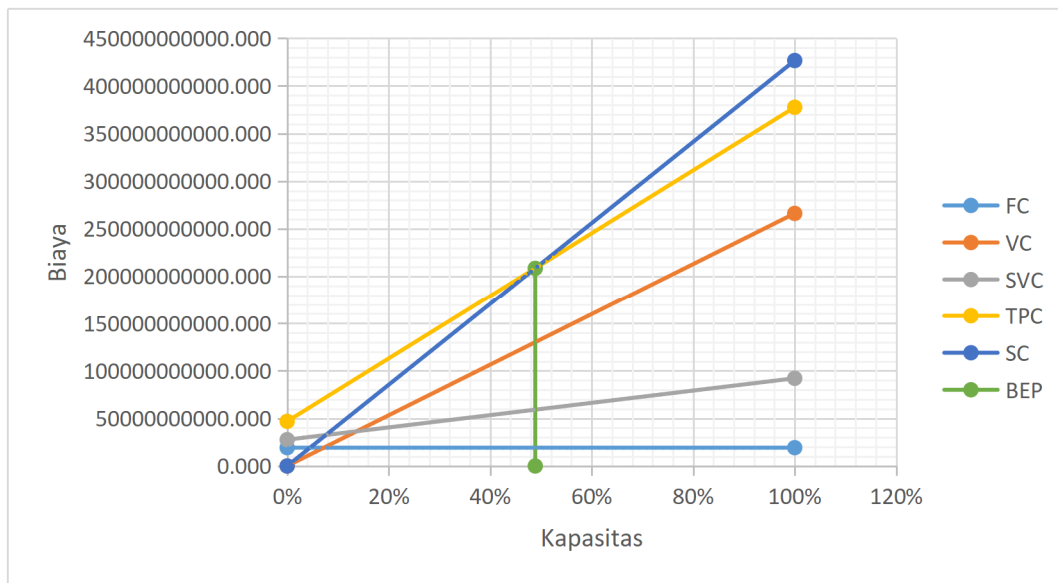
Bahan Baku	=	Rp 262.582.340.673,669
Royalti	=	Rp 3.681.287.862,087
Total	=	Rp 266.263.628.535,756

Biaya Semi Variable (SVC)

Gaji Karyawan	=	Rp 10.280.400.000
Pengawasan, 3% TPC	=	Rp 11.043.863.586,262
Pemeliharaan Dan Perbaikan	=	Rp 12.830.546.317,605
Operating Supplies	=	Rp 1.924.581.947,641
Laboratorium	=	Rp 822.432.000,000
Pengeluaran Umum	=	Rp 36.812.878.620,872
Plant Overhead	=	Rp 18.406.439.310,436
Total	=	Rp 92.121.141.782,814
Total Penjualan (SC)	=	Rp. 426.666.020.674,193

Tabel E. 9 Data-data untuk grafik BEP kapasitas 0% dan 100%

Kapasitas	0%	100%
FC	Rp 19.245.819.476,407	Rp 19.245.819.476,407
VC	Rp. 0,000	Rp 266.263.628.535,756
SVC	Rp 27.636.342.534,844	Rp 92.121.141.782,814
TPC	Rp 46.882.162.011,252	Rp 377.630.589.794,977
SC	Rp. 0,000	Rp. 426.666.020.674,193



Gambar E. 1 Kurva *break event point* metode *linear*

Dari Gambar E.1 didapatkan nilai Break Event Point (BEP) sebesar 48,87% yang menandakan bahwa dengan hanya memproduksi 48,87% dari total produksi, maka pabrik akan mengalami titik impas. Dimana pada keadaan tersebut maka pabrik tidak mendapatkan keuntungan dan juga tidak mengalami kerugian.

Perhitungan BEP menggunakan rumus

$$BEP = \frac{FC + (0,3 \times SVC)}{S - (0,7 \times SVC) - VC} \times 100 \% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955, p. 206})$$

$$BEP = \frac{Rp\ 19.245.819.476,407 + (0,3 \times Rp\ 92.121.141.782,814)}{Rp\ 426.666.020.674 - (0,7 \times Rp\ 92.121.141.782,814) - Rp\ 266.263.628.535,75} \times 100 \%$$

$$= 48,87\%$$

E.9 Analisa Ekonomi Metode *Cash Flow*

Fixed Capital Investment, FCI	: Rp 128.305.463.176,048
Modal sendiri (equity), 70% dari FCI	: Rp 89.813.824.223,233
Modal pinjaman (loan), 30% dari FCI	: Rp 38.491.638.952,814
Biaya produksi, TPC	: Rp 368.128.786.208,716
Depresiasi	: Rp 12.830.546.317,605

Harga jual produk	: Rp. 426.666.020.674,193
Masa konstruksi	: 2 tahun
Umur pabrik	: 10 tahun
Pengembalian pinjaman	: 10 tahun
Pajak	: 30%
Kapasitas produksi: Tahun pertama	: 80%

Tahun ke-2 : 90%

Tahun ke-3 s/d ke-10 : 100%

Pada tahun ke-2 (masa konstruksi)

Biaya sendiri digunakan 50%	: Rp 44.906.912.111,617
Biaya pinjaman bank 50%	: Rp 19.245.819.476,407
Total investasi tahun ke-2	: Rp 64.152.731.588,024

Pada tahun ke-1 (masa konstruksi)

Biaya sendiri digunakan 50%	: Rp 44.906.912.111,617
Biaya pinjaman bank 50%	: Rp 19.245.819.476,407
Bunga bank 12%	: Rp 2.309.498.337,169
Total investasi tahun ke-1	: Rp 66.462.229.925,193

Pada tahun 0 (masa konstruksi)

Bunga bank 12%	: Rp 2.309.498.337,169
Pembayaran pinjaman	: Rp 43.110.635.627,152

Total investasi hingga pabrik selesai dibangun : Rp 132.924.459.850,385

Pembuatan *cash flow* bertujuan untuk mengetahui berapa lama penghasilan suatu pabrik dapat menutupi investasi yang dikeluarkan.

Laba sebelum pajak : hasil penjualan – biaya produksi – depresiasi – pinjaman

Pajak : 30% dari laba sebelum pajak

Laba sesudah pajak : laba sebelum pajak – pajak Perusahaan

(Peter & Timmerhaus, 1991 p. 324)

Actual cash flow : laba sesudah pajak + depresiasi

Discounted cash flow : $\frac{\text{Actual cash flow}}{(1+i)^n}$ (Peter & Timmerhaus, 1991 p. 303)

dimana,

i : *interest rate*

n : tahun

E.10 Internal Rate of Return (IRR)

Tabel E. 10 *Discounted Actual Cash Flow*

Tahun ke-	Actual cash flow	Present value	
		<i>i</i> = 0,23	<i>i</i> = 0,24
1	33008721803,268	26836359189,649	26619936938,119
2	37468457555,119	24765984238,958	24368143571,227
3	41928193306,971	22531536808,902	21990803276,876
4	42290322646,239	18476536009,910	17887689921,168
5	42652451985,507	15150202773,136	14549081508,598
6	43014581324,775	12421814271,931	11832747281,579
7	43376710664,043	10184057330,831	9622874447,006
8	43738840003,311	8348844445,709	7825169970,732
9	44100969342,579	6843876003,446	6362868808,798
10	44463098681,847	5609815931,501	5173481188,273
	Total	151169027003,970	146232796912,377

Dengan melakukan interpolasi suku bunga antara nilai 23% dan nilai 24% maka didapatkan IRR = 23,05%. Karena harga IRR yang diperoleh lebih besar

daripada bunga pinjaman yaitu 12% per tahun, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik minyak jagung ini layak untuk didirikan.

E.11 Waktu Pengembalian Modal, Pay Out Time (POT)

Tabel E. 11 *Cummulative Actual Cash Flow*

Tahun ke	Actual cash flow	Cummulative cash flow
1	33008721803,268	28697658240,553
2	37468457555,119	61855052232,957
3	41928193306,971	99472181977,212
4	42290322646,239	137451441060,736
5	42652451985,507	175792829483,527
6	43014581324,775	214496347245,587
7	43376710664,043	253561994346,915
8	43738840003,311	292989770787,511
9	44100969342,579	332779676567,375
10	44463098681,847	372931711686,507

Berdasarkan tabel diatas idapatkan nilai *Cummulative Actual Cash Flow* pada tahun ke-4 yaitu Rp 137.451.441.060,736 dan pada tahun ke-5 yaitu Rp 175.792.829.483,527. Maka untuk mendapatkan nilai TCI sebesar Rp 150.947.603.736,527 diinterpolasikan tahun ke-4 dan ke-5 sehingga diperoleh waktu pengembalian modal selama 4,35 tahun.

E11. *Percent on Sales (POS)*

Metode persentase penjualan (percentage of sales method) merupakan suatu metode yang menggunakan target penjualan sebagai perkiraan kebutuhan aset, kewajiban, dan berbagai beban di masa depan.

Tabel E. 12 Laba sebelum pajak dan sesudah pajak dalam 20 tahun

Tahun ke	Kapasitas	Laba Sebelum	Pajak (Rp)	Laba Sesudah
----------	-----------	--------------	------------	--------------

		Pajak (Rp)		Pajak (Rp)
0	0%	0	0	0
1	80%	28825964980	8647789494	20178175486
2	90%	35197016054	10559104816	24637911238
3	100%	41568067128	12470420138	29097646989
4	100%	42085394755	12625618427	29459776329
5	100%	42602722383	12780816715	29821905668
6	100%	43120050010	12936015003	30184035007
7	100%	43637377638	13091213291	30546164346
8	100%	44154705265	13246411580	30908293686
9	100%	44672032893	13401609868	31270423025
10	100%	45189360520	13556808156	31632552364
Rata-rata		37368426511	Rata-rata	26157898558

POS Sebelum Pajak

$$\text{POS} = \frac{\text{Profit sebelum pajak}}{\text{Harga Penjualan}} \times 100\% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955, p. 192})$$

$$\begin{aligned} \text{POS} &= \frac{\text{Rp. 37.368.426.511,378}}{\text{Rp. 426.666.020.674,193}} \times 100\% \\ &= 8,75\% \end{aligned}$$

POS Sesudah Pajak

$$\text{POS} = \frac{\text{Profit sesudah pajak}}{\text{Harga Penjualan}} \times 100\% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955, p. 192})$$

$$\begin{aligned} \text{POS} &= \frac{\text{Rp. 26.157.898.557,965}}{\text{Rp. 426.666.020.674,193}} \times 100\% \\ &= 6,13\% \end{aligned}$$

E.12 Return on Investment (ROI)

Return on Investment adalah persentase pengembalian modal per tahun yang dihitung dari penghasilan bersih.

ROI Sebelum Pajak

(Aries & Newton, 1955, p. 193)

$$\text{Percent Return On Investment (ROI)} = \frac{\text{Profit sebelum pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Rp. 37.368.426.511,378}}{\text{Rp. 128.305.463.176,048}} \times 100\%$$

$$= 29,12\%$$

ROI Setelah Pajak

$$\text{Percent Return On Investment (ROI)} = \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Rp. 26.157.898.557,965}}{\text{Rp. 128.305.463.176,048}} \times 100\%$$

$$= 20,38\%$$

E.13 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau momen di mana keputusan dibuat untuk menghentikan aktivitas produksi. Hal ini dapat disebabkan oleh biaya variabel yang terlalu tinggi atau keputusan manajerial karena aktivitas produksi tersebut tidak menguntungkan.

$$\text{SDP} = \frac{0,3\text{SVC}}{\text{S}-0,7\text{SVC}-\text{VC}} \times 100 \% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955, p. 207})$$

$$\text{SDP} = \frac{0,3(\text{Rp } 92.121.141.782,814)}{(\text{Rp}426.666.020.674) - 0,7(\text{Rp } 92.121.141.782) - (\text{Rp}266.263.628.535)} \times 100 \%$$

= 28,81%

E.14 Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi

Hasil perhitungan analisa ekonomi berdasarkan perhitungan di atas adalah sebagai berikut:

- 1.Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 128.305.463.176,048
2. Working Capital Investment (WCI)= Rp 22.642.140.560,479
3. Total Capital Investment (TCI) = Rp 150.947.603.736,527
4. Total Production Cost (TPC) = Rp 368.128.786.208,716
5. Sales Cost (SC) = Rp 426.666.020.674,193
6. Laba Bersih = Rp 40.976.064.125,834
7. Pay Out Time (POT) = 4,35 tahun
8. Break Event Point (BEP) = 48,87%
9. Internal Rate of Return (IRR) = 23,05%

Tabel E. 13 Laju Pengembalian Modal

Tahun ke	Investasi		Investasi Total (4) + (8)	Pengembalian Pinjaman	Sisa Pinjaman (11) - (10)
	Modal Sendiri	Modal Pinjaman			
	Akumulasi	Akumulasi	9	10	11
-2	44906912112	19245819476	64152731588	0	0
-1	89813824223	40801137290	130614961513	0	0
0	89813824223	43110635627	132924459850	0	43110635627
1	-	-	-	4311063563	38799572064
2	-	-	-	4311063563	34488508502
3	-	-	-	4311063563	30177444939

4	-	-	-	4311063563	25866381376
5	-	-	-	4311063563	21555317814
6	-	-	-	4311063563	17244254251
7	-	-	-	4311063563	12933190688
8	-	-	-	4311063563	8622127125
9	-	-	-	4311063563	4311063563
10	-	-	-	4311063563	0

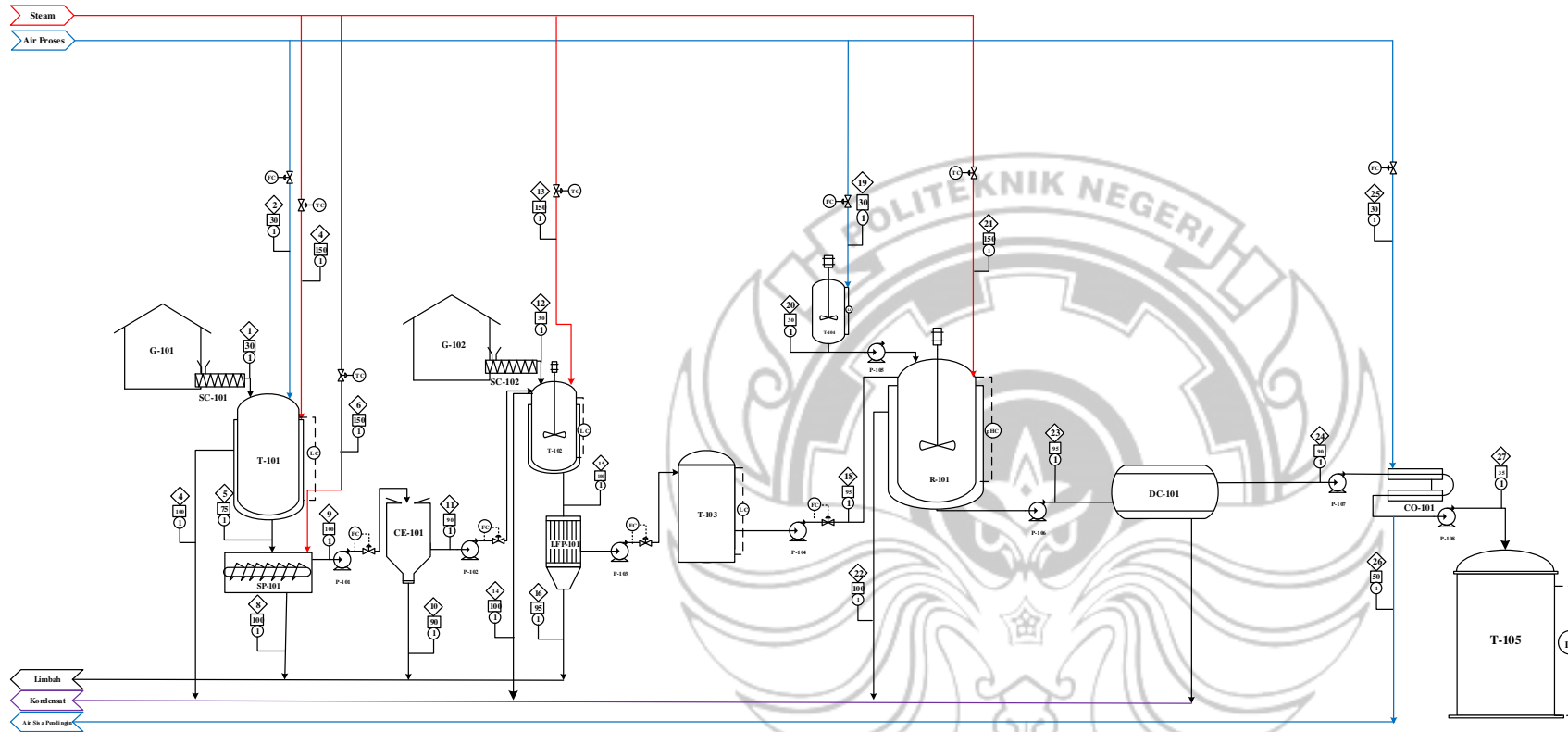


Tabel E. 14 Laju Pengembalian Modal (*Lanjutan*)

Tahun ke	Kapasitas	Hasil Penjualan	Biaya Produksi	Depresiasi	Bunga dari Sisa Pinjaman 12%	Laba Sebelum Pajak (12)-(13)-(14)-(15)
		12	13	14	15	16
-2	0%	0	0	0	0	0
-1	0%	0	0	0	0	0
0	0%	0	0	0	0	0
1	80%	341332816539	294503028967	12830546318	5173276275	28825964980
2	90%	383999418607	331315907588	12830546318	4655948648	35197016054
3	100%	426666020674	368128786209	12830546318	4138621020	41568067128
4	100%	426666020674	368128786209	12830546318	3621293393	42085394755
5	100%	426666020674	368128786209	12830546318	3103965765	42602722383
6	100%	426666020674	368128786209	12830546318	2586638138	43120050010
7	100%	426666020674	368128786209	12830546318	2069310510	43637377638
8	100%	426666020674	368128786209	12830546318	1551982883	44154705265
9	100%	426666020674	368128786209	12830546318	1034655255	44672032893
10	100%	426666020674	368128786209	12830546318	517327628	45189360520

Tabel E. 15 Laju Pengembalian Modal (*Lanjutan*)

Tahun ke	Laba		Actual Cash Flow (18) + (14)	Net Cash Flow (19) - (10)	Cummulative Net Cash Flow	IRR
	Pajak 30%	Sesudah Pajak (16) - (17)				
	17	18	19	20	21	22
-2	0	0	0	0	0	
-1	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
1	8647789494	20178175486	33008721803	28697658241	28697658241	
2	10559104816	24637911238	37468457555	33157393992	61855052233	
3	12470420138	29097646989	41928193307	37617129744	99472181977	
4	12625618427	29459776329	42290322646	37979259084	137451441061	23,05%
5	12780816715	29821905668	42652451986	38341388423	175792829484	
6	12936015003	30184035007	43014581325	38703517762	214496347246	
7	13091213291	30546164346	43376710664	39065647101	253561994347	
8	13246411580	30908293686	43738840003	39427776441	292989770788	
9	13401609868	31270423025	44100969343	39789905780	332779676567	
10	13556808156	31632552364	44463098682	40152035119	372931711687	



NO.	KODE	NAMA ALAT
1	G-101	Gudang Bahan Baku Jagung
2	T-101	Tangki Perebusan
3	SP-101	Screw Press
4	CE-101	Centrifuge
5	G-102	Gudang Penyimpanan Bleaching Earth
6	T-102	Tangki Bleaching
7	LFP-101	Leaf Filter Press
8	T-103	Tangki akumulator
9	G-103	Gudang Penyimpanan NaOH
10	T-104	Tangki NaOH
11	R-101	Reaktor Netralisasi
12	DC-101	Decanter
13	CO-101	Cooler
14	T-105	Tangki Penyimpanan
15	SC-101	Screw Conveyer I
16	SC-102	Screw Conveyer II
17	SC-103	Screw Conveyer III
18	P-101	Pompa I
19	P-102	Pompa II
20	P-103	Pompa III
21	P104	Pompa IV
22	P-105	Pompa V
23	P-106	Pompa VI
24	P-107	Pompa VII
25	P-108	Pompa VIII

KETERANGAN

- Nomor aliran
- Flow control
- Temperatur (°C)
- Temperature control
- Tekanan (atm)
- Level Control
- Steam
- pH Control
- Kondensat
- Air Proses

Komposisi	T-101			SP-101			CE-103			T-102			LFP-101			T-103			T-104			R-101		DC-101				CO-101		T-105	
	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)	In (kg/jam)	Out (kg/jam)			
Arus	A1	A2	A3	A3	A4	A5	A5	A6	A7	A7	A8	A9	A9	A10	A11	A9	A10	A11	A13	A14	A15	A12	A15	A16	A16	A17	A18	A18	A19	A19	A20
Air	105	895	1000	1000	930	70	70	63	7	7	7	7	7	6,51	0,49	7	6,51	0,49	-	0,073	0,073	0,49	-	0,549	0,549	0,522	0,027	0,027	0,027	-	-
Abu	17	-	17	17	15,81	1,19	1,19	1,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Protein	103	-	103	103	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Serat Kasar	22	-	22	22	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minyak Jagung	50	-	50	50	703	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karbohidrat	703	-	703	703	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trigliserida	-	-	-	-	-	47,6	47,6	-	47,6	47,6	-	47,6	47,6	0,095	47,505	47,6	0,095	47,505	-	-	-	47,505	-	47,196	47,196	0,047	47,149	47,149	47,149	47,149	47,149
FFA	-	-	-	-	-	1,25	1,25	-	1,25	1,25	-	1,25	1,25	1,163	0,087	1,25	1,163	0,087	-	-	-	0,087	-	0,296	0,296	0,281	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Phosfolipid	-	-	-	-	-	0,5	0,5	-	0,5	0,5	-	0,5	0,5	0,465	0,035	0,5	0,465	0,035	-	-	-	0,035	-	0,035	0,035	0,033	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Fitoesterol	-	-	-	-	-	0,6	0,6	-	0,6	0,6	-	0,6	0,6	0,558	0,042	0,6	0,558	0,042	-	-	-	0,042	-	0,042	0,042	0,04	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Tokoferol	-	-	-	-	-	0,05	0,05	-	0,05	0,05	-	0,05	0,05	0,047	0,004	0,05	0,047	0,004	-	-	-	0,004	-	0,004	0,004	0,003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Bleaching Earth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57	0,57	0,57	0,57	-	0,57	0,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	-	-
NaOH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0145	-	0,0145	-	0,015	0,002	0,002	0,033	-	-	-	-	-
Glisserol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,073	0,033	0,033	0,094	-	-	-	-	-
Sabun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,094	0,094	-	-	-	-	-	-
Jumlah	1000,000	895,000	1895,000	1895,000	1773,810	121,190	121,190	64,190	57,000	57,000	0,570	57,570	57,570	9,408	48,163	57,570	9,408	48,163	0,015	0,073	0,088	48,163	0,088	48,251	48,251	1,055	47,195	47,195	47,195	47,168	47,168
Total		3790,000		3790,000		242,380		115,140		115,141		115,141		0,175		96,502		96,501		94,390		94,336									



PRODI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2024

PRA-RANCANGAN PABRIK MINYAK JAGUNG (CORN OIL) DENGAN METODE WET RENDERING KAPASITAS PRODUKSI 3000 TON/TAHUN

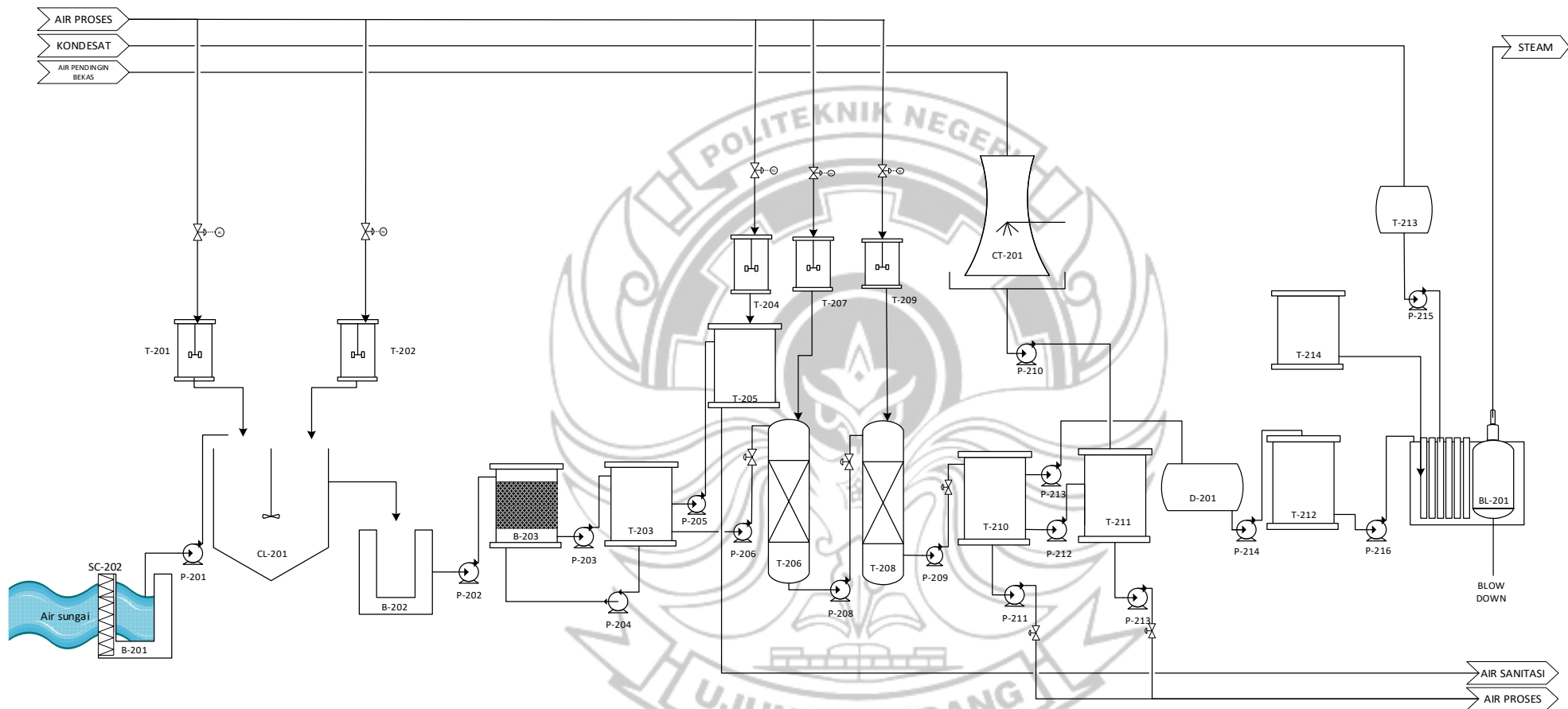
Digambar Oleh:

- Dewi Khusnul Qhatimah (431 20 003)
- Nadya Fildzah Juniar (431 20 008)

Dosen Pembimbing:

- Rahmah Sjafuddin, S.T., M.Eng.
- HR Fajar, S.T., M.Eng.





KODE	NAMA ALAT	KODE	NAMA ALAT	KODE	NAMA ALAT	KODE	NAMA ALAT
B-201	Bak Penampungan Water Intake	P-204	Pompa IV	P-214	Pompa XIV	T-207	Tangki Pelarutan H ₂ SO ₄
B-202	Bak Reservoir	P-209	Pompa IX	P-215	Pompa XV	T-209	Tangki Pelarutan NaOH
B-203	Bak Sand Filter	P-205	Pompa V	P-216	Pompa XVI	T-202	Tangki Pelarutan Soda Abu
BL-201	Boiler	P-206	Pompa VI	SC-202	Screening	T-203	Tangki Penampungan Air Bersih
CL-201	Clarifier	P-207	Pompa VII	T-212	Tangki Air Umpan Boiler	T-211	Tangki Penampungan Air Pendingin
CT-201	Cooling Tower	P-208	Pompa VIII	T-208	Tangki Anion Exchanger	T-210	Tangki Penampungan Air Proses
D-201	Daerator	P-210	Pompa X	T-214	Tangki Bahan Bakar Boiler	T-205	Tangki Penampungan Air Sanitasi
P-201	Pompa I	P-211	Pompa XI	T-206	Tangki Kation Exchanger	T-213	Tangki Penampungan Kondensat
P-202	Pompa II	P-212	Pompa XII	T-201	Tangki Pelarutan Alum		
P-203	Pompa III	P-213	Pompa XIII	T-204	Tangki Pelarutan Desinfektan		



PRODIG-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2024

WATER TREATMENT PLANT (UNIT UTILITAS)
PRA-RANCANGAN PABRIK MINYAK JAGUNG (CORN
OIL) DENGAN METODE WET RENDERING KAPASITAS
PRODUKSI 3000 TON/TAHUN

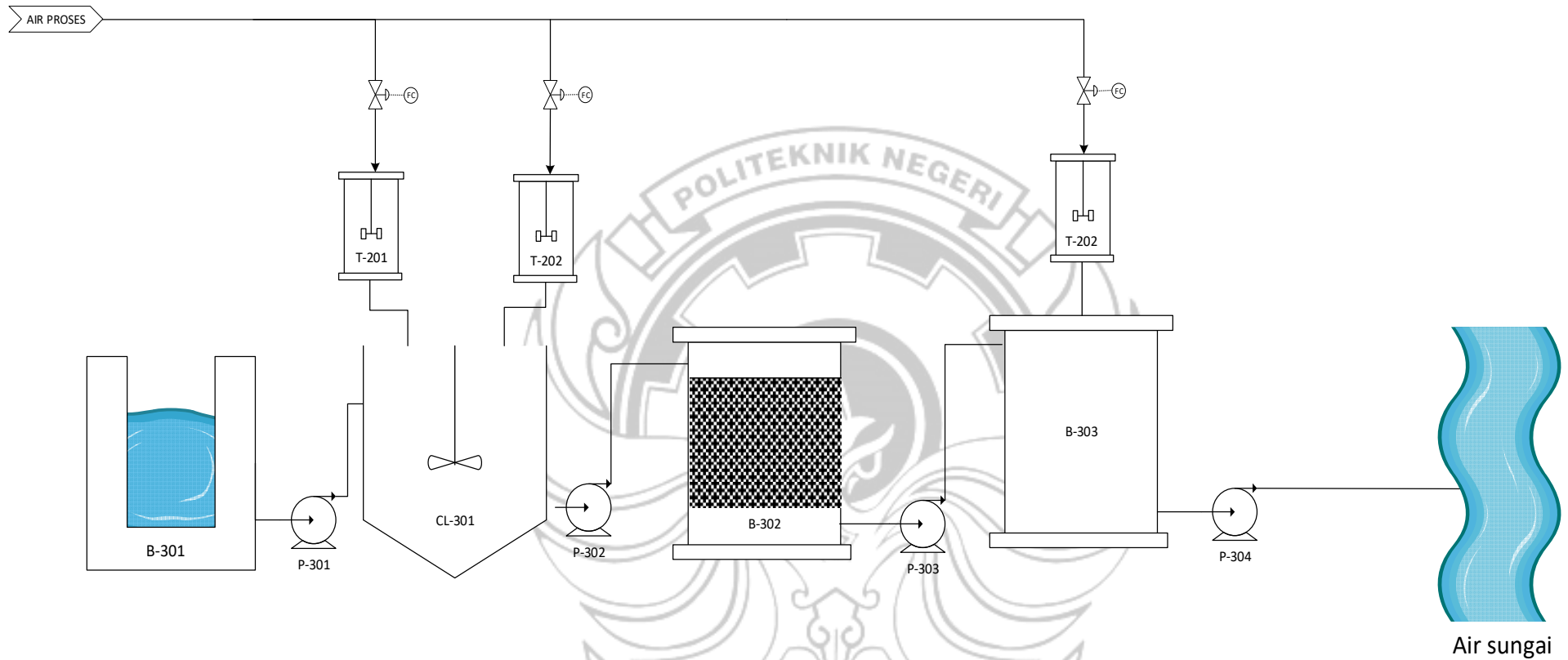
Digambar Oleh:

1. Dewi Khusnul Qhatimah (431 20 003)
2. Nadya Fildzah Juniar (431 20 008)

Dosen Pembimbing:

1. Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng.
2. HR Fajar, S.T., M.Eng.





No	KODE	NAMA ALAT	No	KODE	NAMA ALAT
1	B-301	Bak Penampungan Air Limbah	6	P-302	Pompa II
2	B-302	Bak Sand Filter	7	P-303	Pompa III
3	B-303	Bak Netralisasi	8	P-304	Pompa IV
4	CL-301	Clarifier	9	T-201	Tangki Pelarutan Alum
5	P-301	Pompa I	10	T-202	Tangki Pelarutan Soda Abu

	PRODI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG 2024
	WASTE WATER TREATMENT PLANT (UNIT UTILITAS) PRA-RANCANGAN PABRIK MINYAK JAGUNG (CORN OIL) DENGAN METODE WET RENDERING KAPASITAS PRODUKSI 3000 TON/TAHUN
Digambar Oleh: 1. Dewi Khusnul Qhatimah (431 20 003) 2. Nadya Fildzah Juniar (431 20 008)	
Dosen Pembimbing: 1. Rahmiah Sjafuruddin, S.T., M.Eng. 2. HR Fajar, S.T., M.Eng.	

