

**PRA RANCANGAN PABRIK GLISEROLMETODE FAT SPLITTING
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan (S-1) Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

NUR ADILLAH ARIANI 431 20 055
SAFITRI MUTIARA RAMADHANI 431 20 056

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

HALAMAN PEGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Pra Rancangan Pabrik Gliserol Metode Fat Splitting Kapasitas 35.000 Ton/Tahun**” oleh Nur Adillah Ariani, NIM 431 20 055 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 30 September 2024

Telah menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Barlian HS. M. T.
NIP. 19591112 199003 1001



Yuliani HR, S.T., M.Eng.
NIP. 19730409 200312 2002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



The official stamp is circular with a blue border. The outer ring contains the text 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI' at the top and 'POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG' at the bottom. The inner ring contains 'MAKASSAR' and 'JURUSAN TEKNIK KIMIA'. The center features a logo with a stylized figure. A blue ink signature is written over the stamp.

Ir. Yuliani HR, S.T., M.Eng.
NIP. 19730409 200312 2 002

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PEGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
SURAT PERNYATAAN.....	xix
RINGKASAN	xxi
SUMMARY	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Pabrik.....	3
1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.2.3 Kapasitas Produksi	5
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	9
BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	21
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku	21
2.1.2 Spesifikasi Produk.....	23
2.2 Konsep Proses	25

2.2.1	Dasar Reaksi.....	25
2.2.2	Kondisi Operasi.....	25
2.2.3	Panas Reaksi (ΔHr).....	26
2.2.4	Energi Bebas Gibbs (ΔGo).....	27
2.2.5	Konstanta Keseimbangan Energi.....	28
2.3	Langkah Proses.....	30
2.3.1	Unit Persiapan Bahan Baku.....	30
2.3.2	Unit Pembentukan Produk.....	30
2.3.3	Unit Pemurnian Gliserol.....	31
2.4	Diagram Alir Kualitatif.....	32
2.5	P & ID Pembuatan Gliserol.....	33
BAB III NERACA MASSA.....		35
3.1	Fat Splitting Coloumn (FSC-01).....	35
3.2	Flash Tank I (FT-01).....	36
3.3	Vakum Dryer (VD-01).....	36
3.4	Flash Tank II (FT-02).....	37
3.5	Bleaching Tank (BT-01).....	37
3.6	Filter Press (FP-01).....	38
3.7	Diagram Kuantitatif.....	39
BAB IV NERACA PANAS.....		41
4.1	Heater CPO (H-01).....	41
4.2	Heater Air (H-02).....	42
4.3	Fat Splitting Coloumn (FSC-01).....	43

4.4	Flash Tank I (FT-01).....	43
4.5	Vakum Dryer (VD-01).....	44
4.6	Cooler Asam Lemak (CO-03).....	45
4.7	Flash Tank II (FT-03).....	45
4.8	Cooler Gliserol (CL-01).....	46
4.9	Bleaching Tank (BT-01).....	47
4.10	Cooler Gliserol 2 (CL-2).....	47
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....		49
5.1	Spesifikasi Peralatan Utama.....	49
5.1.1	Fat Splitting Column.....	49
5.1.2	Flash Tank 1.....	49
5.1.3	Flash Tank II.....	50
5.1.4	Bleaching Tank.....	51
5.1.5	Filter Press.....	51
5.1.6	Vakum Dryer.....	52
5.2	Spesifikasi Peralatan Pembantu.....	52
5.2.1	Tangki Penyimpanan CPO.....	52
5.2.2	Tangki Penyimpanan Air.....	53
5.2.3	Gudang Penyimpanan <i>Activated Charcoal</i>	54
5.2.4	Pompa 1.....	54
5.2.5	Bucket Elevator.....	55
5.2.6	Heater CPO.....	56

5.2.7	Heater Air.....	56
5.2.8	Expansion Valve 1	57
5.2.9	Expansion Valve 2	57
5.2.10	Cooler Gliserol1	58
5.2.11	Cooler Gliserol 2	58
5.2.12	BIN Activated Charcoal.....	59
5.2.13	Cooler Asam Lemak.....	60
5.2.14	Tangki Penyimpanan Gliserol	60
5.2.15	Tangki Penyimpanan Asam Lemak.....	61
BAB VI UTILITAS.....		62
6.1	Unit Penyediaan Steam.....	62
6.2	Unit Penyediaan Air	63
6.3	Unit Penyediaan Listrik.....	68
6.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	68
6.5	Unit Pengolahan Limbah.....	69
6.6	Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	70
6.7	Diagram Alir Utilitas.....	77
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA		78
7.1	Instrumentasi	78
7.2	Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup	80
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI.....		89
8.1	Bentuk Perusahaan	89
8.2	Struktur Organisasi.....	90

8.3	Tugas dan Wewenang	95
8.4	Sistem Kerja	108
8.5	Status Karyawan dan sistem gaji	109
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN		116
9.1	Deskripsi Tata Letak Pabrik	116
9.2	Pemetaan Pabrik	120
9.3	Tata Letak Pola Aliran Proses	122
BAB X ANALISA EKONOMI		125
10.1	Total Capital Investment	125
10.2	Biaya Produksi (Total Production Cost)	126
10.3	Harga Jual (<i>Total Sales</i>)	127
10.1	Tinjauan Kelayakan Pabrik	127
BAB XI PENUTUP		130
DAFTAR PUSTAKA		132



Lampiran A.....	A-1
Lampiran B.....	B-1
Lampiran C.....	C-1
Lampiran D.....	D-1
Lampiran E.....	E-1

RINGKASAN

Kebutuhan gliserol di Indonesia semakin meningkat, hal ini dikarenakan

gliserol merupakan bahan baku yang digunakan untuk berbagai industri oleokimia, seperti industri kosmetik, farmasi dan lain sebagainya.

Pra rancangan pabrik gliserol direncanakan akan didirikan di Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah *Crude Palm Oil* (CPO) dan air. Metode yang digunakan *fat splitting*. Pada proses ini CPO dan air akan direaksikan kedalam reactor *fat spilliting column* untuk menghasilkan gliserol dan asam lemak.

Perusahaan ini berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dimana struktur organisasi yang diterapkan dalam perusahaan yaitu organisasi lini. Perusahaan ini dipimpin oleh seorang direktur utama dengan jumlah karyawan 105 orang.

Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan bahwa keutangan setelah pajak sebesar Rp. 406.334.728.940,58 /tahun, *Break Event Point* (BEP) berada pada 43,23%, ROI sebesar 20,40% dan POT selama 3,5 tahun. Analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik gliserol dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak (*fleksible*) didirikan.

SUMMARY

The need for glycerol in Indonesia is increasing, this is because glycerol is a raw material used for various oleochemical industries, such as the cosmetics industry, pharmaceuticals and so on. The pre-design of the glycerol factory is planned to be established in Mamuju, West Sulawesi Province with a capacity of 35,000 tons/year. The raw materials used are Crude Palm Oil (CPO) and water. The establishment will begin in early 2025 and will operate in early 2027. The method used is fat splitting. In this process, CPO and water will be reacted into the fat splitting column reactor to produce glycerol and fatty acids.

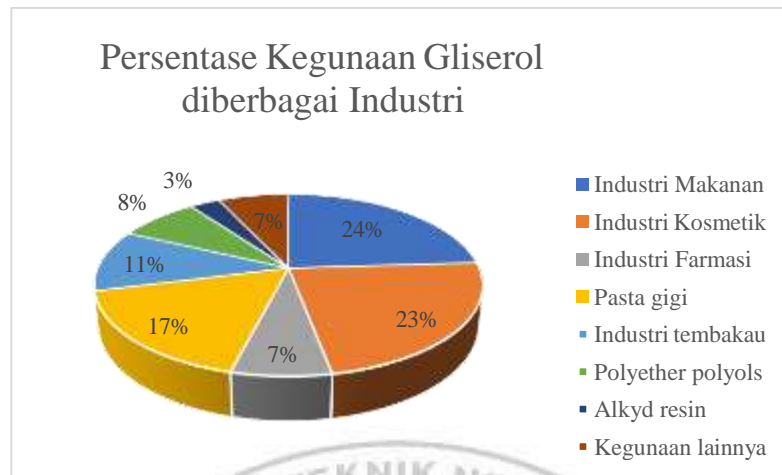
This company is a Limited Liability Company (PT) where the organizational structure applied in the company is a line organization. This company is led by a president director with 105 employees. The results of the economic analysis calculation show that the debt after tax is Rp. 342,778,120,391 / year, Break Event Point (BEP) is at 43,23%, ROI is 20,40% and POT for 3,5 years. Economic analysis shows that a glycerol factory with a capacity of 35,000 tons / year is feasible (flexible) to be established.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini mengalami perkembangan pesat di sektor perindustrian ditunjukkan dengan Rencana Jangka Panjang Nasional (RPJPN) yang disusun oleh pemerintah. RPJPN ini diharapkan dapat mewujudkan kemandirian perekonomian nasional serta menaikkan pangsa pasar dalam negeri maupun luar negeri. Pada saat ini, salah satu industri berkembang adalah industri sawit yang mengolah kelapa sawit menjadi kebutuhan pokok (minyak sawit) dan industri lainnya untuk pengolahan lanjut. Gliserol adalah salah satu produk hasil pengolahan yang memanfaatkan kelapa sawit sebagai bahan baku. Pengolahan minyak kelapa sawit menjadi gliserol dapat meningkatkan nilai tambah produk dan memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah. Berdasarkan Kementerian perdagangan (2023) nilai jual untuk minyak kelapa sawit mentah hanya mencapai Rp. 11.630/liter sementara hasil olahan minyak kelapa sawit menjadi gliserol mencapai Rp. 70.000/liter.

Gliserol, dikenal sebagai gliserin, merupakan triol paling sederhana. gliserol dapat ditemukan di semua minyak dan lemak alami dalam bentuk ester lemak dan merupakan *intermediate* terpenting dalam metabolisme organisme hidup. Gliserol memegang peranan penting dalam berbagai industri kimia, digunakan sebagai bahan baku dan bahan penunjang produk seperti pada industri farmasi, industri makanan, industri kosmetik, pasta gigi, larutan antibeku dan printer. Adapun market size gliserol diberbagai industri dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Proyeksi Market Size Gliserol

Dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia sebagai bahan baku dan produk jadi, Indonesia masih bergantung pada negara lain, salah satunya adalah gliserol. Permintaan gliserol dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia (2022) periode 2018-2022, kebutuhan gliserol diperkirakan sekitar 12% per tahun. Berdasarkan data impor gliserol yang diperoleh BPS, kebutuhan impor gliserol mencapai 3.525,47 ton/tahun pada tahun 2022. Dari data tersebut terlihat bahwa kebutuhan gliserol di Indonesia masih bergantung pada impor. Hal ini menjadi tantang indonesia untuk membangun pabrik yang berdaya saing di pasar dalam dan luar negeri, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan perekonomian negara. Dengan didirikannya pabrik ini, perekonomian Indonesia dapat meningkatkan, menghemat devisa negara dengan mengurangi ketergantungan terhadap impor dari negara lain dan dapat merangsang munculnya pabrik atau industri baru yang menggunakan gliserol sebagai bahan baku. Maka pabrik gliserol layak didirikan atas dasar pertimbangan:

1. Mengurangi jumlah impor gliserol untuk menghemat devisa negara.

2. Dapat diekspor untuk menambah devisa negara.
3. Meningkatkan perekonomian negara.
4. Membuka lapangan kerja baru sehingga dapat menyelesaikan masalah ketenagakerjaan.

1.2 Kapasitas Pabrik

1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Pertimbangan penentuan kapasitas produksi yang dibutuhkan dapat dilihat dari data impor, ekspor, dan konsumsi gliserol di Indonesia. Selain itu, pertimbangan lain juga dapat diperhatikan pada kapasitas produksi pabrik yang didirikan baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Adapun kapasitas produksi pabrik dalam negeri ditunjukkan pada Tabel 1.1 dan kapasitas produksi pabrik diluar negeri ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Pabrik Gliserol di Indonesia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
PT Sumi Asih	Bekasi	157.000
PT Unilever Indonesia	Surabaya	8.450
PT Bukit Perak	Semarang	1.440
PT Sayap Mas Utama	Bekasi	4.000
PT Sinar Oleochemical Int	Medan	12.250
PT Cisadane Raya Chemical	Tangerang	55.000
PT Wings Surya	Surabaya	3.500
PT Klk Dumai	Riau	26.500
PT Flora Sawita	Medan	54.000

Sumber: Kemenperin, 2020

Tabel 1.2 Pabrik Gliserol di Dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
Procter & Gamble	Ivorydale, Ohio	72.727,27
Emery Olechemicals	Cincinnati, Ohio	29.545,45
Vamtag Olechemicals	Chicago, Illinois	27.272,73
Cargill	Iowa Falls, Iowa	17.045,45
	Kansas City, Missouri	13.636,36
BMC Brogenix	Memphis, Tennessee	13.636,36
WF	Montgomery, Illinois	13.636,36
Twin Rivers Technologies	Quincy, Massachusetts	12.727,27
Evonik	Mapleton, Illinois	9.090,91

Sumber: *Icis Chemical Business Americas*, 2020

Berdasarkan Tabel 1.1 kapasitas produk gliserol di Indonesia memiliki kapasitas minimum sebesar 1.440 ton/tahun dan kapasitas produksi maksimum sebesar 157.000 ton/tahun. Sedangkan skala global kapasitas produksi gliserol minimum sebesar 9.090 ton/tahun dan kapasitas produksi maksimum sebesar 72.727 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik yang akan didirikan harus mempertimbangkan *supply* bahan baku dalam memproduksi produk. Bahan baku yang digunakan akan lebih baik jika dapat dipenuhi dalam negeri. Pada perancangan pabrik gliserol ini, terdapat dua bahan baku utama yang digunakan:

1. Minyak Kelapa Sawit Mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO)

Kelapa sawit merupakan jenis tanaman golongan palm yang dapat menghasilkan minyak. Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) dan minyak kelapa sawit mentah (*crude palm oil*). CPO adalah produk utama dalam pengolahan minyak sawit. Komponen utama dari CPO adalah

94 % triasilgliserol sedangkan sisanya yaitu asam lemak bebas sekitar 3-5 %, dan komponen minor 1% yang terdiri dari karotenoid, tokoferol, tokoretinol, sterol, fosfolipid, dan glikolipid (Ketaren, 2012). Ketersediaan bahan baku minyak kelapa sawit cukup melimpah di Indonesia. Berikut ini data ketersediaan bahan baku minyak kelapa sawit yang dapat diperoleh dari jumlah produksi di Indonesia sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Ketersediaan Bahan Baku CPO yang ada di Indonesia

Perusahaan	Wilayah	Kapasitas (ton/tahun)
PT Wilmar Nabati Unit Dumai Pelintung	Riau	2.700.000
PT Ecogreen Oleochemicals	Batam	226.500.00
PT Astra Agro Lestari	Riau	1.095.000
PT Eagle High Plantations Tbk	Kalimantan	148.000.000
PT Cisade Sawit Raya Tbk	Sumatera	150.000.000
PT Andira Agro Tbk	Sumatera	27.663.000
PT Dharma Satya Nusantara Tbk	Kalimantan	112.600.00
PT Wilmar Nabati Unit Medan	Medan	1.496.500
PT Incasi Raya	Sumatera Barat	350.400.00
PT Manakarra Unggul Lestari	Mamuju	3.059.885
PT SDO Pulau Laut Refinery	Kalimantan Selatan	1.280.720
PT LDC	Lampung	620.500.000

Sumber: Direktorat Jedral.Industri.Argo.dan Kimia, 2018

1.2.3 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi perlu direncanakan untuk mendirikan suatu pabrik. Jumlah ini dapat memenuhi permintaan kebutuhan gliserol di dalam negeri maupun diluar negeri. Untuk mendirikan pabrik gliserol pada tahun 2027 diperlukan data lengkap mengenai data kebutuhan impor gliserol maupun ekspor gliserol. Adapun rumus yang digunakan untuk penentuan kapasitas pabrik adalah sebagai berikut:

$$X = X_0 (1 + i)^n \quad (1.1)$$

Dimana;

X : Jumlah kapasitas pada tahun pabrik didirikan

X₀ : Data terakhir

i : Rata-rata pertumbuhan

n : Selisih tahun pendirian pabrik (2027-2022 = 5 tahun) (Ulrich, 1984)

Penentuan kapasitas produksi gliserol dari minyak kelapa sawit mentah (CPO) ada beberapa factor yang perlu menjadi pertimbangan, yaitu kebutuhan gliserol dalam negeri maupun ekspor serta ketersediaan bahan baku.

1.2.3.1 Supply

1. Impor Gliserol di Indonesia

Kebutuhan gliserol dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan karena adanya kebijakan *mandatory obligation* untuk memenuhi konsumsi dalam negeri maka dilakukan impor gliserol. Adapun data impor gliserol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.5

Tabel 1.4 Data Impor Gliserol di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan
2018	5.505,57	-
2019	3.796,05	0,31051
2020	4.327,02	0,13987
2021	2.882,74	0,33378
2022	3.886,16	0,34876
Rata-rata	4.079,51	0,22645

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Data pada Tabel 1.5 diperoleh rata-rata persen kenaikan impor gliserol sebesar 22,64% sehingga besar impornya pada tahun 2027 diperkirakan:

$$X_1 = X_0 (1 + i)^n$$

$$X_1 = 3.886,16 (1 + 0,22645)^5 = 10.783,68 \text{ ton/tahun}$$

2. Produksi Gliserol

Gliserol merupakan bahan baku dalam pembuatan berbagai macam produk. Produksi gliserol berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1.5 Data Produksi Gliserol di Indonesia

Tahun	Produksi (ton/tahun)	Pertumbuhan
2018	14.189,04	-
2019	14.851,32	0,04668
2020	15.702,21	0,05729
2021	17.337,04	0,10411
2022	17.990,94	0,03772
Rata-rata	16.014,11	0,06145

Sumber: Kemenperin, 2018

Pada Tabel 1.6 rata-rata persen kenaikan produksi gliserol sebesar 6,14% sehingga besar ekspornya pada tahun 2027 diperkirakan:

$$X_2 = X_0 (1 + i)^n$$

$$X_2 = 17.990,94 (1 + 0,06145)^5$$

$$X_3 = 24.241.06 \text{ ton/tahun}$$

1.2.3.2 Demand

1. Kebutuhan Gliserol di Indonesia

Konsumsi gliserol terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Adapun data konsumsi gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1.6 Data Komsumsi Gliserol di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)	Pertumbuhan
2018	5.032,01	-
2019	8.335,08	0,65641
2020	8.674,02	0,04066
2021	8.834,47	0,01873
2022	14.937,07	0,69039
Rata-rata	9.162,93	0,35155

Sumber: Kemenperin, 2018

Data pada Tabel 1.7 rata-rata persen kenaikan produksi gliserol sebesar 35,15% sehingga besar produksinya pada tahun 2027 diperkirakan:

$$X_3 = X_0 (1 + i)^n$$

$$X_3 = 14.937,07 (1 + 0,35155)^5$$

$$X_3 = 67.363,30 \text{ ton/tahun}$$

2. Kebutuhan Ekspor Gliserol

Indonesia juga masih mengekspor gliserol ke beberapa negara besar di dunia. Adapun data ekspor gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.7 Data Ekspor Gliserol di Indonesia

Tahun	Ekspor (.ton/tahun)	Pertumbuhan
2018	3.098,08	-
2019	4.842,34	0,56301
2020	5.806,31	0,19907
2021	6.624,17	0,14086
2022	7.834,74	0,18275
Rata-rata	5.092,73	0,27142

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Rata-rata persen kenaikan kebutuhan gliserol sebesar 27,14% ditunjukkan pada Tabel 1.8, sehingga kebutuhan pada tahun 2027 diperkirakan sebesar (X_4):

$$X_4 = X_0 (1 + i)^n$$

$$X_4 = 7.834,74 (1 + 0,27142)^5$$

$$X_4 = 26.030,09 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, maka dapat diperkirakan peluang kapasitas produksi pabrik gliserol pada tahun 2027, yaitu:

$$\text{Peluang Kapasitas} = (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi})$$

$$\text{Peluang Kapasitas} = (26.030,09 + 67.363,30) - (10.783,68 + 24.241,06)$$

$$= 58.268,64 \text{ ton/tahun}$$

Peluang kapasitas pabrik yang telah dihitung, maka kapasitas pabrik gliserol yang akan didirikan pada tahun 2027 adalah 60% dari peluang kapasitas yang didapatkan yaitu sebesar 35.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas pabrik ini ditetapkan dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

1. Mengurangi jumlah impor gliserol sehingga menghemat devisa negara.
2. Ketersediaan bahan baku minyak kelapa sawit sangat banyak tanpa mengganggu kebutuhan pangan.
3. Dari tren grafik kebutuhan gliserol menunjukkan adanya peningkatan setiap tahunnya.
4. Dapat membantu perekonomian negara dengan mengurangi ketergantungan impor dari negara lain.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam merancang sebuah pabrik, pemilihan lokasi pabrik sangat menentukan keberlangsungan dan perkembangan suatu industri. Faktor-faktor yang umum dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik meliputi (Peters & Timmerhaus, 1991):

- a. Ketersediaan bahan baku

Lokasi pabrik hendaknya terletak dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran agar pengangkutan dapat berlangsung dengan lancar sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Kabupaten Mamaju Utara adalah daerah yang dipilih dalam pendirian pabrik. Karena pada pembuatan gliserol ada 2 bahan baku yang digunakan, yaitu CPO dan air.

b. Tenaga kerja

Tenaga kerja memiliki peran penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Ketersediaan tenaga kerja yang memadai dapat memastikan kelancaran produksi dan menghindari kekosongan pekerjaan yang dapat mengganggu efisiensi produksi. Kabupaten Mamuju Utara merupakan kawasan yang dipilih dalam pendirian rancangan pabrik dan telah berdiri beberapa pabrik industri lainnya. Jumlah pencari kerja pada tahun 2023 di Kabupaten Mamuju Utara adalah 208.749 (BPS Kabupaten Mamuju, 2023). Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik adalah tenaga kerja dengan pendidikan menengah dan vokasi. Namun faktor pengalaman kerja dan disiplin juga menjadi pertimbangan dalam merekrut pekerja untuk mendapatkan pekerja yang berkualitas dan bekerja sebagaimana mestinya.

c. Utilitas

Sumber energi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi suatu pabrik karena energi merupakan kebutuhan pokok dalam proses produksi. Pabrik harus memastikan ketersediaan akan sumber energi di lokasi pabrik yang dipilih, termasuk listrik dari jaringan listrik umum. Kebutuhan listrik industri di Kabupaten Mamuju sebagian besar dipenuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sedangkan untuk kebutuhan bahan bakar diperoleh dari PT Pertamina terdekat dengan lokasi pendirian pabrik dan untuk kebutuhan air diperoleh dari sungai yang terletak di dekat lokasi pabrik.

d. Pemasaran produk

Pemasaran memainkan peran penting dalam proses penentuan lokasi pabrik karena lokasi pabrik yang di pilih akan memengaruhi strategi pemasaran. Lokasi yang strategis dapat memungkinkan suatu pabrik lebih mudah mencapai konsumen potensial, mengurangi biaya distribusi, dan meningkatkan efektivitas pemasaran produk. Mamuju utara merupakan daerah yang dipilih pada rancangan pabrik dengan mempertimbangkan Rencana pemerintah pusat untuk memindahkan ibu kota dari DKI Jakarta ke pulau Kalimantan sangat mendukung pendirian pabrik tersebut. Jika dilihat dari letak geografis pulau Kalimantan dekat dengan kabupaten Mamuju utara sehingga memudahkan proses pemasarannya.

e. Keadaan iklim dan Cuaca (Lingkungan)

Di daerah pilihan lokasi pabrik, yaitu Mamuju mengalami variasi iklim sepanjang tahun. Berdasarkan data BPS pada tahun 2023 kabupaten Mamuju utara memiliki curah hujan tertinggi sekitar 330 mm.

f. Sarana transportasi

Transportasi memiliki peran krusial dalam penentuan lokasi pabrik. Lokasi pabrik yang tepat dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya logistik, dan memperluas jangkauan pasar. Sebaiknya lokasi pabrik yang dipilih harus dapat diakses oleh jaringan transportasi utama, seperti jalur darat, laut maupun udara. Di wilayah Mamuju utara, permasalahan transportasi darat dapat teratasi dengan adanya jalan raya antarprovinsi. Sedangkan transportasi laut dapat dipenuhi dengan ketersediaan pelabuhan (Pelabuhan Belang-belang)

dan transportasi udara dapat melalui Bandara Mamuju (Bandara Tampa Padang).

g. Landasan hukum (Perpajakan dan pembatasan hukum)

Landasan hukum penentuan lokasi pabrik bervariasi tergantung pada yurisdiksi dan negara tempat perusahaan beroperasi. Secara umum, penentuan lokasi pabrik harus memenuhi berbagai peraturan dan kebijakan yang berkaitan dengan berbagai aspek, termasuk perizinan, lingkungan, ketenagakerjaan dan zonasi. Menurut pasal 17 ayat 6 PP NO. 17 Tahun 2021 menyatakan bahwa pengembangan Sektor industri kimia sangat menguntungkan. Wilayah tersebut memiliki infrastruktur pendukung terintegrasi yang dapat mendorong perkembangan industri kimia sehingga dapat menarik investasi bernilai tinggi dan menciptakan lapangan kerja.

Dengan berbagai pertimbangan, pabrik gliserol berbahan dasar minyak kelapa sawit akan didirikan di Mamuju, provinsi Sulawesi Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan praktis dan menguntungkan dari sudut pandang ekonomi dan teknis. Selain itu, Mamuju Utara merupakan salah satu daerah penghasil kelapa sawit terbesar di Pulau Sulawesi.



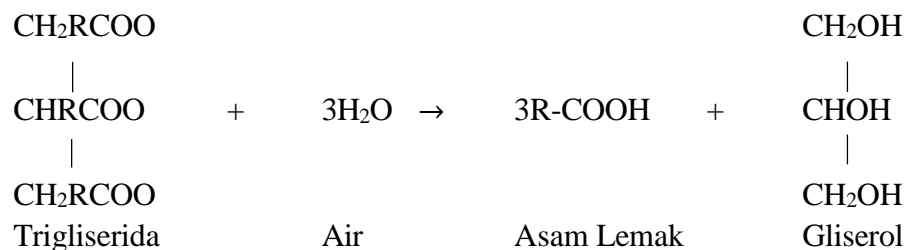
Gambar 1.2 Peta Lokasi Pendirian Pabrik Gliserol
(Sumber: *Google Earth*, 2024)

3.1 Tinjauan Proses

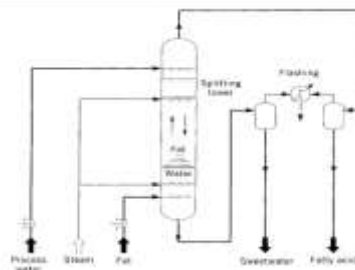
Pemilihan proses adalah bagian yang paling krusial dalam merancang suatu pabrik. Pada dasarnya, produksi gliserol merupakan produk sampingan dari pengolahan lemak dan minyak, baik tumbuhan maupun hewan. Ada beberapa metode dalam proses produksi gliserol, yaitu:

1.4.1 *Fat Splitting*

Fat splitting merupakan metode hidrolisis trigliserida dari lemak dan minyak dengan meningkatkan suhu dan tekanan untuk menghasilkan asam lemak dan gliserol. Berikut reaksi hidrolisis trigliserida:



Fat splitting (pemisahan lemak) pada dasarnya adalah reaksi homogen yang terjadi secara bertahap. Dimana asam lemak berubah dari trigliserida menjadi mono secara bergantian. Pemisahan yang tidak sempurna akan mengandung monogliserida dan digliserida serta trigliserida. Proses *fat splitting* meliputi 3 tahap. Pada tahap awal, reaksi berlangsung lambat karena rendahnya kelarutan air dalam minyak. Pada tahap kedua, reaksi berlangsung lebih cepat karena asam lemak lebih larut dalam air. Tahap akhir ditandai dengan berkurangnya laju reaksi ketika asam lemak bebas dan gliserin mencapai kesetimbangan. *Fat splitting* adalah reaksi *reversibel*. Pada kondisi kesetimbangan, laju hidrolisis dan pra-esterifikasi adalah sama. Jika suhu dan tekanan meningkat maka reaksi akan berlangsung lebih cepat karena kelarutan air dalam fasa minyak meningkat dan energi aktivasi semakin tinggi. Pada proses ini suhu sangat memberikan pengaruh yang disignifikan. Peningkatan suhu operasi dari 150°C ke 220°C akan meningkatkan kelarutan air dua kali atau tiga kali lipat. Adanya asam mineral dalam jumlah yang kecil seperti asam sulfat, oksida logam (seperti magnesium oksida atau seng) akan mempercepat proses pemisahan. Oksida logam ini juga berperan sebagai katalis yang akan membantu dalam pembentukan emulsi (*Bailery, 1951*).



Gambar 1.3 Diagram Proses Fat Splitting

(Sumber: *Bailery, 1951*)

Menurut pendapat Shreve dalam buku Bailey tahun 1986, ada tiga cara pembuatan gliserol melalui proses *fat splitting*. Klasifikasi ini didasarkan pada perbedaan bahan baku yang digunakan. Ketiga cara tersebut adalah:

a. *Twitchell*

Dalam proses Twitchell, minyak dihidrolisis secara batch pada suhu 100-105°C, dengan tekanan vakum, sehingga konversinya menjadi 85-98% dan waktu retensi adalah 12-48 jam. Proses ini menggunakan katalis asam *alkyl aryl sulfonic* atau *cycloaliphatic sulfonic acid*. Proses hidrolisis dilakukan dalam dua tahap dengan arah berlawanan, menggunakan reaktor tangki berpengaduk. Gliserol akan dipisahkan dari asam lemak di dasar tangki hidrolisis. Selama waktu ini, asam lemak dan katalis akan keluar melalui bagian atas. Produk dasar reaktor disebut *sweetwater* dan memiliki kandungan gliserol sekitar 15%. Untuk menetralkan asam lemak recampur dalam produk dan memekatkan gliserol hingga konsentrasi yang diinginkan, dilakukan proses lain yaitu netralisasi, filtrasi, evaporasi, distilasi dan kondensasi. (Bailey, 1951).

b. *Batch Autoclave*

Batch Autoclave merupakan suatu proses yang melibatkan hidrolisis asam lemak pada fase cair menggunakan katalis seng oksida (ZnO) dan magnesium oksida (MgO) atau tanpa katalis. Proses ini akan menghasilkan konversi 98%. Reaksi hidrolisis tanpa katalis berlangsung pada suhu 220-240°C dan tekanan 29-31 atm dengan waktu tinggal 2-4 jam. Reaksi hidrolisis menggunakan katalis berlangsung pada suhu 150-175°C, tekanan 52-100 atm dengan waktu retensi 5-10 jam. (Bailey, 1951).

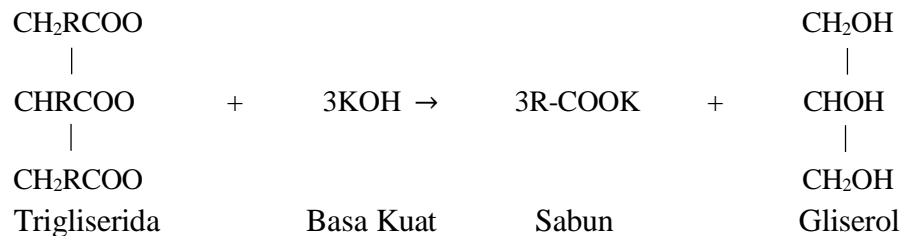
c. *Continuous*

Selama proses ini, minyak akan dihidrolisis pada suhu 250°C dengan tekanan 40-50 atmosfer. Proses memiliki sebesar konversi 99% dengan waktu tinggal 2-3 jam. Reaksi hidrolisis dapat berlangsung dengan atau tanpa katalis. Proses ini dilakukan dalam reaktor arus berlawanan pada suhu dan tekanan tinggi. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor sama dengan yang terjadi pada proses *twitchell*, bedanya tidak menggunakan katalis. Jenis reaktornya pun berbeda-beda, yakni berbentuk tower dengan ketinggian tertentu. Produk pada bagian atas dan bawah reaktor serupa dengan proses *twitchell*. Produk gliserol diambil dari bawah reaktor dan kemudian dipisahkan menggunakan evaporator efek *multistage*. Proses selanjutnya adalah menetralkan sisa kandungan asam lemak dengan basa kemudian melakukan penyaringan untuk memisahkan produk gliserol dari sisa garam. Tentu saja kemurnian gliserol yang diperoleh berkurang dengan adanya air dari larutan basa penetral, dari reaksi netralisasi itu sendiri, dan dari air pembilasan dalam filter. Oleh karena itu, harus dikondensasikan menggunakan evaporator sebelum disimpan dalam tangki produk. Menara fat splitting column memiliki volume kosong sebagai tempat terjadinya reaksi. Fedd minyak melalui dasar kolom menuju keatas, sementara air masuk pada bagian atas kolom dan mengalir melwati fase minyak munuju kebawah. Air masuk melalui puncak kolom memiliki perbandingan rasion 40-50% dari berat minyak (*Bailery, 1951*).

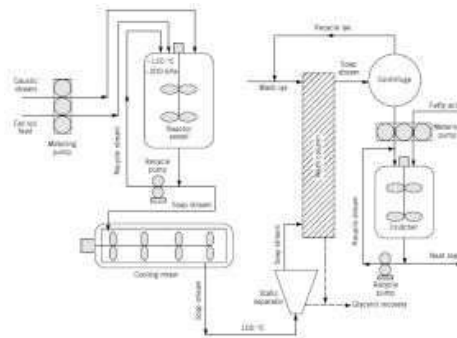
1.4.2 Saponifikasi

Proses saponifikasi merupakan salah satu proses pembuatan gliserol dan minyak dan lemak yang direaksikan dengan soda kaustik atau Kalium Hidroksida

(KOH) menghasilkan sabun. Berikut ini adalah reaksi yang terjadi pada proses saponifikasi:



Lemak dan minyak dapat disaponifikasi dengan proses *full boiling*. Proses saponifikasi diawali dengan campuran lemak dan minyak diumpankan ke dalam ketel bersama dengan soda kaustik dengan konsentras tertentu, dan beserta penambahan garam. Campuran dipanaskan dengan energi tinggi, menggunakan *closed steam coils*, sehingga proses saponifikasi selesai. Jumlah soda kaustik yang ditambahkan sengaja dibuat kurang dari kebutuhan stoikiometri, untuk memastikan pengurangan sabun alkali yang mengandung gliserin agar memiliki alkalinitas minimum. Soda kaustik dalam sabun alkali dinetralkan selama treatment selanjutnya. Garam yang digunakan dalam alkali diperlukan untuk menjaga sabun pada daerah butir dan memudahkan pemisahan sabun dan alkali, Tahap terakhir adalah dekantasi dan melanjutkan ke tahap pengolahan gliserin. Pada proses ini sabun akan terus dipanaskan dan dicuci kembali beberapa kali hingga proses saponifikasi selesai dan disertai dengan proses ekstraksi gliserin. Pendidihan sabun secara terus menerus banyak dilakukan dengan menggunakan *multiple washing* atau sentrifugal. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan *recovery* gliserin (Bailey's, 1951).

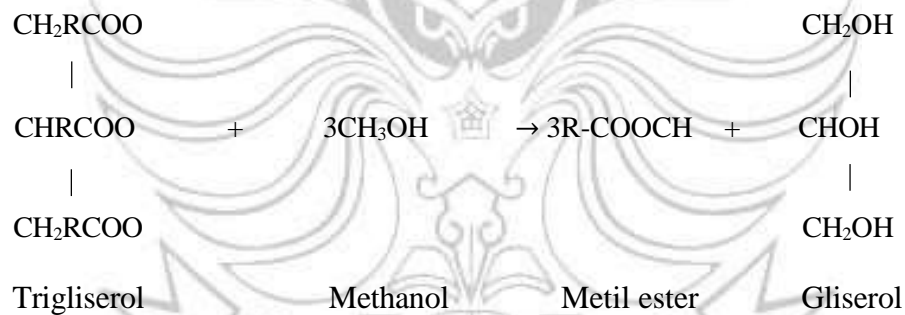


Gambar 1.4 Diagram Proses Saponifikasi
(Sumber: *Bailery, 1951*)

1.4.3 Transesterifikasi

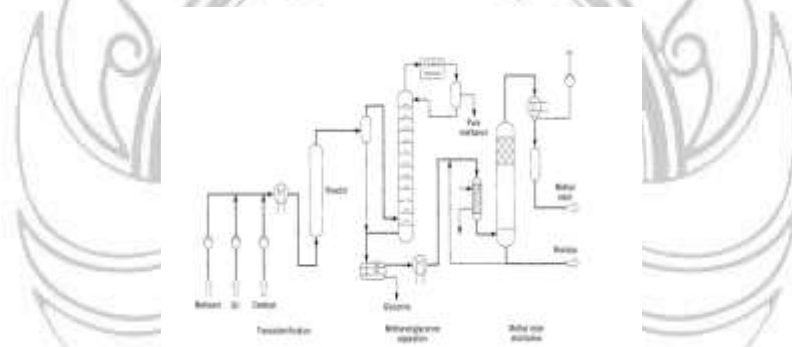
Transesterifikasi merupakan proses pembuatan gliserol dari lemak dan minyak yang direaksikan dengan methanol berlebih dan menggunakan katalis.

Reaksi transesterifikasi:



Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara batch pada tekanan atmosfer dan pada suhu 60-70°C dengan methanol berlebih dan menggunakan katalis basa. Pada kondisi reaksi ringan memerlukan penghilangan asam lemak bebas dari minyak dengan penyulingan atau pre-esterifikasi sebelum transesterifikasi. *Pretreatment* ini tidak diperlukan jika reaksi dilakukan dibawah tekanan tinggi (9000 kPa) dan suhu tinggi (240°C). Dalam kondisi tersebut, esterifikasi dan transesterifikasi berlangsung secara bersamaan. Setelah reaksi selesai, campuran

akan diendapkan. Pada bagian bawah diambil lapisan gliserin, sedangkan lapisan metil ester diambil pada bagian atas. Metil ester yang diperoleh harus dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan sisa gliserin sebelum melanjutkan ke proses berikutnya. Pada proses ini metanol dapat diperoleh kembali di kondensor, kemudian di pompa ke kolom pemurnian untuk dilakukan pemurnian dan daur ulang. Proses transesterifikasi kontinu cocok untuk kebutuhan kapasitas tinggi. Tergantung pada kualitas bahan bakunya, peralatan dapat dirancang untuk beroperasi pada tekanan tinggi dan suhu tinggi atau pada tekanan atmosfer dan suhu sedikit meningkat. (*Bailey's, 1951*).



Gambar 1.5 Diagram Proses Transesterifikasi
(Sumber: *Bailey, 1951*)

Untuk menentukan proses yang akan dipilih pada proses pembuatan gliserol dari minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.9 Perbandingan proses pembuatan gliserol.

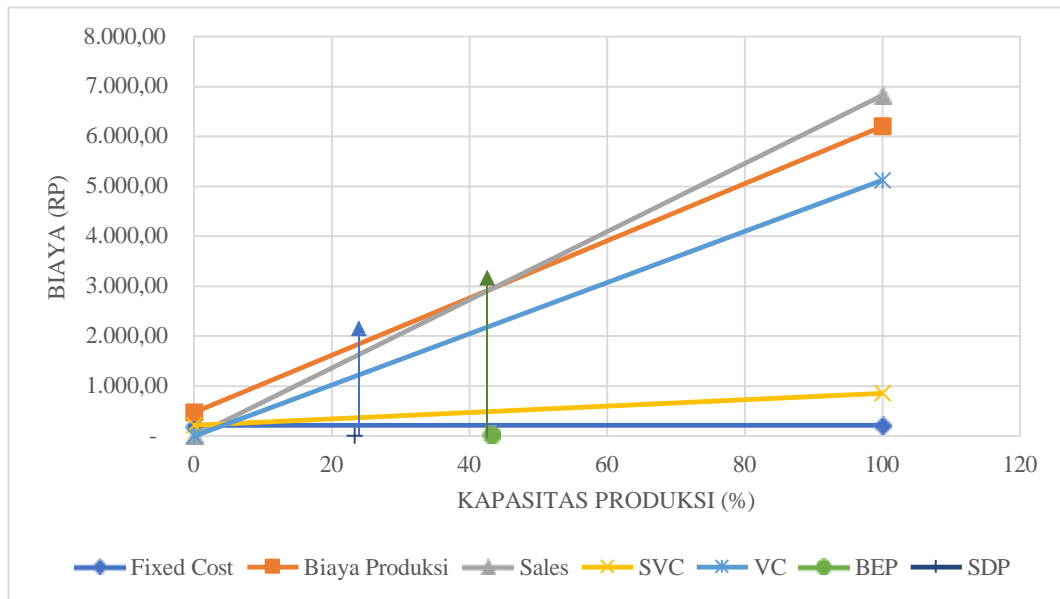
Tabel 1.8 Perbandingan Proses Pembuatan Gliserol

Spesifikasi	Proses				
	<i>Twitchell</i>	<i>Fat splitting</i>		Saponifikasi	Transesterifikasi
		Batch Autoclave	Continuous		
Konversi	98%	98%	99%	90%	90%
Tekanan	55 atm	52-100 atm	40-50 atm	Atmosfer	Atmosfer
Suhu	100-105°C	100-175°C	250°C	100-105°C	60-70°C
Biaya	Murah	Murah	Murah	Murah	Mahal
Waktu Reaksi	12-48 jam	5-10 jam	2-3 jam	5-12 jam	6-12 jam
Komposisi	CPO, Air dan Katalis	CPO, Air dan Katalis	CPO dan Air	Minyak/ lemak dan KOH	Minyak/ lemak, methanol dan katalis

Sumber: Falth Keyes, 1960, Jannah & Annisa, 2022

Berdasarkan perbandingan proses pembuatan gliserol pada Tabel 1.9, maka dipilihlah proses *fat splitting* karena proses yang akan dilakukan adalah proses hidrolisis antara trigliserida dari *Crude Palm Oil* (CPO) dengan air. Air adalah bahan yang ketersediaanya melimpah dan murah, serta kemurnian produk akhir mencapai $\pm 99\%$. Dalam proses *fat splitting* terdiri dari 3 metode, maka dibandingkan lagi antara 3 metodenya yaitu: *twitchell*, *batch autoclave*, dan *continuous fat splitting*. Dari ketiga metode tersebut dipilih metode *continuous fat splitting* dengan mempertimbangkan konversinya mencapai $\pm 99\%$, waktu reaksinya relative singkat (2-3 jam) dan dapat berlangsung tanpa tambahan katalis serta biaya material tidak terlalu mahal.

mpiran E didapatkan DCF sebesar 47,55%.



Gambar 10. 1 Grafik Analisa Ekonomi

Resume

1. *Percent return on investment* sebelum pajak adalah 31,39% dan sesudah pajak adalah 20,40%
2. *Pay out time* sebelum pajak adalah 2,5 tahun dan sesudah pajak adalah 3,5 tahun.
3. *Break even point* pabrik adalah 43,23%
4. *Shutdown point* pabrik adalah 23,34%
5. *Discounted cash flow* adalah 47,55

BAB XI PENUTUP

Berdasarkan analisa dan perhitungan Pra Rancangan Pabrik Gliserol ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 11.1 Pabrik gliserol didirikan dengan pertimbangan untuk mengurangi ketergantungan akan pengadaan gliserol di negara lain, meningkatkan pendapat (devisa) negara disektor industri serta menghemat impor dan meningkatkan nilai jual dari CPO. Selain itu, pendirian pabrik gliserol ini juga dapat menyerap tenaga kerja sehingga mengurnagi pengangguran, dan dapat meningkatkan perekonomian nasional khususnya taraf kehidupan di Indonesia.
- 11.2 Pabrik gliserol akan didirikan dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dengan bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 42.575,67 kg/jam dan air sebanyak 19.159,05 kg/jam.
- 11.3 Pabrik ini direncanakan akan didirikan di kabupaten mamuju utara Provinsi Sulawesi Barat dengan pertimbangan untuk mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena lokasinya yang tepat.
- 11.4 Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas dengan struktur organisasi yang dipimpin oleh seorang direktur utama dan 105 karyawan yang terbagi dalam kategori yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.
- 11.5 Berdasarkan hasil 1nalisa ekonomi, pabrik gliserol ini layak untuk diperhitungan ketahap perancangan berikutnya dengan hasil perhitungan yang didapatkan sebagai berikut:
 - Total Production Cost (TPC) = Rp.6.204.256.755.453,19

- Harga penjualan per tahun = Rp. 6.829.387.107.669
- *Pay Out Time* (POT)
 - Sebelum pajak = 2,5 tahun
 - Setelah pajak = 3,5 tahun
- *Return On Investment* (ROI)
 - Sebelum pajak = 3,39 %
 - Setelah pajak = 20,40 %
- *Break Event Point* (BEP) = 43,23%
- *Shut Dawn Point* (SDP) = 23,34 %
- *Discounted Cosh Flow* (DCF)= 47,55%
- *Service life* (umur pabrik) = 10 tahun



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2023. *Data Ekspor Impor Nasional*. (Online), (<https://www.bps.go.id/id>), diakses 24 Februari 2024.
- Aries, R. S. & Newton, R.D.1955. "Chemical Engineering Cost Estimation". New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Badan Pusat Statistik, 2023. *Data Penduduk di Kabupaten Mamuju*. (Online), (<https://www.bps.go.id/id>), diakses 18 Maret 2024.
- Bailey, A. E, 1951. *Industrial Oil and Fat*. New York: *Interscolastic Publishing Inc*.
- Brown, G.G, 1978, "Unit Operastion".14 th ed. Modern Asia Edition, John wiley and sons.Inc, New Yotk.
- Brownell, L.E and Young, E.H, 1983, "Process Equipment Design". John wiley and sons.Inc, New York.
- Coulson, J.J and Richardson, J.F, 1983, "Process Equipment Design", John wiley and sons.Inc, New York.
- Damarani, Z. 2019. *Pra-Desain Pabrik Refined Bleached Deodorzed (RBD) Oleon dari Crude Palm Oil (CPO)*. Jurnal Teknik ITS vol.8 (1):5
- Direktor Jendral Industri Argo dan Kimia, 2018. *Data Industri Kimia*, (Online), (<https://www.jdih.kemendag.go.id>), diakses 8 Maret 2024.
- Dogra, S.K, & Dogra, S. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-soal*. (Online), (<https://lontar.ui.ac.id/detail?id=93-&lokasi=lokal>), diakses 17 Maret 2024.
- Evans, f. l.,1980, "Equipment design handbook for refineries and chemical plants", 2nd ed., gulf pub.co, houston.
- Faith, W., Keyes, D. & Clark, R., 1960. *Industrial Chemical*.4thed.New York:John Wiley & Sons, Inc.
- Jannah, B., & Annisa, R.N., 2022. *Prarancangan Pabrik Gliserol dari Crude Palm Oil (CPO) dan Air Melalui Continuous Fat Splitting Process dengan Kapasitas 53.000 Ton/Tahun*. Kalimantan Selatan:Universitas Lambung Mangkurat.
- Geankoplis, C.J.1993, *Transport Processes and Unit Operations*.New York:Prentice-Hall International.
- Google Earth, 2024. *Peta Lokasi Mamuju, Sulawesi Barat*. (Online), (<https://earth.google.com>), diakses 8 Maret 2024.
- Handayani, F., & Khaerunnufudz, A.D. 2022. *Pra Rancangan Pabrik Bioetanol Kapasitas 10.000 Ton/Tahun dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*.Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

- Henri P, Nur FF. 2019. *Identifikasi Bahaya, Penilaian dan Pengendalian Risiko Keselamatan Kerja (K3) pada Departemen Foundry PT. Sicamindo*. 16 (2): 62-74.
- Hugot's., 1986. *Hanbook of Cane Sugar Engineering*.Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Icis Chemica Business Americas. 2020. *Daftar Pabrik Gliserol di Dunia*. (Online), (<https://www.icis.com>), diakses 7 Maret 2024.
- Iman, S.W. 2022. *Bahan Ajar Perilaku Organisasi (Struktur Organisasi)*. (Online), (https://www.researchgate.net/profile/Sentot-Wahjono-2/publication/359993516_Struktur_Organisasi/links/625a8fff1c096a380d08dbe2/Struktur-Organisasi.pdf), diakses 10 Juli 2024.
- Iswanto, Tito., 2013.*Optimalisasi Sosial Media sebagai Media Pemasaran Usaha Kecil Menengah*.Jurnal Manajemen Bisnin, 3 (2), 161.
- Kemenperin Perindustrian, 2020. *Daftar Pabrik Gliserol di Indonesia*. (Online), (<https://tkdn.kemenperin.go.id>), diakses 2 Maret 2024.
- Kern, D.Q., “Process Heat Transfe”.McGrawhill Book.
- Ketaren, S, 2012, “Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan”, Cetakan I, UI-Press, Jakarta.
- McCabe, W.L, Smith, J.C. and Harriott, P. “Unit Operations of Chemical Ennginerring”.Sinagapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Misbahah, A. N. M, 2022. *Prarancangan Pabrik Pembuatan Gliserol dari Minyak Mentah Jagung dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun*.Universitas Bosowa, Makassar
- MSDS Bahan kimia, diakses pada tanggal 18 September 2024
- Muspawi, M., Janati, S., Panjaitan, K., & Dwi, J.M. 2023. *Menelaah Konsep-Konsep Dasar Organisasi*. Jurnal Kajian Ilmu Kependidikan.vol 5(2):154.
- Nurfadillah & Qalbi, N.S. 2023. *Pra Rancangan Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Kapasitas 30.000 ton/tahun*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.Makassar.
- Nurlia. 2019. *Pengaruh Struktur Organisasi terhadap Pengukuran Kualitas Pelayanan (Perbandingan antara Ekspektasi/Harapan dengan Hasil Kerja*. Journal Meraja. Vol 2(2): 51.
- Nurul, M.S., & Syifa, A.Y.M., 2020. *Pra Rancangan Pabrik Kalium Hidroksida Dari Kalium Klorida Dengan Proses Elektrolisa Kapasitas Produksi 25.000 Ton/Tahun*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Oktaviana, R. 2023. *Pra Rancangan Pabrik Gliserol Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun dan Fatty Acid dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun dari Crude Palm Oil (CPO)*. Universitas Bung Hatta. Padang.
- US.Patent., 1949. *Production of Vinyl Chloride*. Walter J. Toussaint, South Chaleston, W.
- Perry, R.H. Green, D, 2008, "Chemical Engineering Handbook", Mc Graw-Hill Company, New York.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D, 1991. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. New York. *Interscolastic Publishing Inc*.
- Pottasium Chloride MSDS Labchem, 2018. *MSDS Kalium Hidroksida*. (Online), (<https://www.anmol.org>), diakses 10 Maret 2024.
- Powell, S. T., 1954. *Water Conditioning for Industry*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Rami, S., 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Prespektif K3*. Jakarta: Dian Raya.
- Smith, J.M., H.C Van Ness., & M.M Abbott., 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition*. New York: Mc. Graw-Hill.
- Ulrich, G. D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons.
- Van Winkle. M, 1967. *Distillation*. Mc. Graw Hill, New York. eq 45.P.161
- Walas, s.m., 1990 "Chemical Process Equipment (selection and design).usa:butterworh-heineman
www.alibaba.com diakses pada tanggal 7 September 2024
www.matche.com diakses pada tanggal 7 September 2024
- Yaws, C. L., 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc Grwaw Hill Book Compani