

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN DARI TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT**



SKRIPSI PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Sarjana D-4 Teknologi Kimia Industri
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

FITRI HANDAYANI 43221217
AYUNDA KHAERUNNUFUDZ DJIHAD 43221227

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Bioetanol Kapasitas 10.000 Ton/Tahun dari Tandan Kosong Kelapa Sawit”** oleh Fitri Handayani NIM 432 21 217 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 07 September 2022

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Ir. Zulmanwardi, M.Si.
NIP. 19621101 199103 1 003



Tri Hartono, LRSC., M.Chem.Eng.
NIP. 19631225 199202 1 001

Mengetahui,

sebagai Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia



~~Drs. Herman Banggalino, M.T.~~
NIP. 19610831 199003 1 002

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN	xvi
SURAT PERNYATAAN.....	xix
RINGKASAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	3
1.3 Kapasitas Produksi	10
1.4 Pemilihan Lokasi Pabrik	14
BAB II DESKRIPSI PROSES	15
2.1 Pemilihan Proses	15
2.2 Uraian Proses.....	15
2.3 Diagram Alir	18
BAB III NERACA MASSA	19
3.1 <i>Chopper</i> (CH-101)	19
3.2 <i>Digester</i> (DG-101)	19

3.3 Rotary Drum Filter I (RDF-101)	20
3.4 Hydrolizer (RH-101)	20
3.5 Rotary Drum Filter II (RDF-102_	21
3.6 Fermentor (FR-101)	21
3.7 Centrifuge (CF-101)	22
3.8 Menara Destilasi (MD-101)	22
3.9 Dehidrator (DH-101)	23
BAB IV NERACA PANAS	24
4.1 Digester (DG-101)	24
4.2 Cooler I (C-101)	24
4.3 Hydrolizer (RH-101)	25
4.4 Cooler II (C-102)	25
4.5 Fermentor (FR-101)	26
4.6 Heater (HE-101)	26
4.7 Menara Destilasi (MD-101)	27
4.8 Dehidrator (DH-101)	27
4.9 Cooler III (C-103)	27
BAB V SPESIFIKASI ALAT	28
5.1 Gudang Bahan Baku	28
5.2 Chopper	28
5.3 Digester	29
5.4 Cooler I	30
5.5 Rotary Drum Filter I	31
5.6 Hydrolizer	31
5.7 Cooler II	32
5.8 Rotary Drum Filter II	33
5.9 Tangki Penampungan Sementara	33
5.10 Fermentor	34
5.11 Centrifuge	34

5.12 <i>Heater</i>	35
5.13 Menara Destilasi	36
5.14 Kondensor	37
5.15 Reboiler.....	37
5.16 Akumulator	38
5.17 Dehidrator	39
5.18 <i>Cooler</i> III	39
5.19 Tangki Penampung Produk.....	40
5.20 Tangki Penyimpanan NaOH.....	41
5.21 Tangki Pelarutan NaOH.....	41
5.22 Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	41
5.23 Tangki Pelarutan H ₂ SO ₄	42
5.24 Tangki Penyimpanan Amonium Sulfat.....	43
5.25 Tangki Penyimpanan NPK	44
5.26 Tangki Penyimpanan <i>Yeast</i>	44
5.27 <i>Belt Conveyor</i>	45
5.28 <i>Bucket Elevator</i>	45
5.29 <i>Screw Conveyor</i>	46
5.30 Pompa	46
BAB VI UTILITAS	48
6.1 Kebutuhan <i>Steam</i>	48
6.2 Kebutuhan Air	49
6.3 Spesifikasi Alat Utilitas.....	52
6.4 Kebutuhan Listrik.....	57
6.5 Kebutuhan Bahan Bakar.....	58
6.6 Pengolahan Limbah.....	58
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	60
7.1 Instrumentasi	60
7.2 Keselamatan Kerja	67

BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	73
8.1 Lokasi Pabrik	73
8.2 Tata Letak Pabrik	76
BAB IX BENTUK ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	81
9.1 Bentuk Perusahaan	81
9.2 Struktur Organisasi	81
9.3 Pembagian Tugas dan Wewenang	82
BAB X ANALISA EKONOMI	91
10.1 Modal Investasi	91
10.2 Total Penjualan	95
10.3 Perkiraan Rugi/ Laba Usaha	95
10.4 Analisa Aspek Ekonomi	96
BAB XI PENUTUP	99
DAFTAR PUSTAKA	100

PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN
DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

RINGKASAN

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah pertanian yang mengandung lignoselulosa yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Pabrik bioetanol dengan kapasitas 10.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2025 di kabupaten Luwu Timur, provinsi Sulawesi Selatan dengan pertimbangan ekonomi dan analisis potensi ketersediaan bahan baku tandan kosong kelapa sawit yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bioetanol serta dapat mengurangi jumlah impor bioetanol di Indonesia. Pabrik bioetanol direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun.

Proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan tahapan proses yaitu tahap persiapan bahan baku, delignifikasi dengan NaOH 1%, hidrolisis menggunakan katalis H₂SO₄ 1,1 %, fermentasi dengan bantuan yeast kemudian proses destilasi serta dehidrasi dengan menggunakan *molecular sieve* untuk memperoleh kemurnian etanol 99,5%.

Pabrik bioetanol dilengkapi dengan unit penyediaan air sebesar 363287,87 kg/jam dengan kebutuhan bahan bakar solar yaitu 32795,734 L/tahun dan dilengkapi dengan unit penyediaan kebutuhan listrik serta unit pengolahan limbah dengan total karyawan 135 orang.

Hasil analisis ekonomi pabrik pembuatan bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit diperoleh *Fixed Capital Investment* (FCI) Rp. 460.409.220.886,58 dan *Working Capital Investment* (WCI) Rp. 92.081.844.177,32. Adapun persentase *Return on Investment* (ROI) 12,43%, *Internal Rate of Return* (IRR) 13,3% dengan *Pay Out Time* (POT) yaitu 4,46 tahun dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 56,95%. Berdasarkan hasil perhitungan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: bioetanol, tandan kosong kelapa sawit, hidrolisis, fermentor

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi fosil di Indonesia seperti bensin kian meningkat, sementara itu ketersediaan energi fosil menurun. Sampai saat ini kebutuhan masyarakat akan sarana transportasi dan aktivitas industri juga semakin meningkat, sehingga berakibat pada meningkatnya kebutuhan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi alternatif terbarukan untuk mengantisipasi terjadinya krisis bahan bakar minyak bumi pada masa yang akan datang dengan cara mengembangkan pemanfaatan bioenergi sebagai sumber energi terbarukan (Novia dkk, 2014)

Salah satu energi alternatif yang mulai dikembangkan baik di Indonesia maupun di berbagai negara di dunia adalah *biofuel*. Salah satu jenis dari *biofuel* adalah bioetanol. Bioetanol merupakan salah satu jenis *biofuel* ramah lingkungan dan berasal dari biomassa yang dikembangkan dengan teknologi bioproses. Namun, saat ini sebagian besar produsen bioetanol masih menggunakan bahan baku yang mengandung gula dan pati yang bersumber dari bahan pangan sehingga akan berdampak buruk bagi penyediaan kebutuhan pangan. Oleh karena itu, untuk menghindari hal tersebut, maka perlu dikembangkan teknologi yang mampu memproduksi bioetanol dari biomassa limbah agroindustri yang memiliki banyak lignoselulosa. Penggunaan biomassa limbah agro industri untuk memproduksi bioetanol juga mengurangi biaya proses pengolahan biomassa sebelum dibuang ke lingkungan dan dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan (Gomes dkk., 1995).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang paling banyak dihasilkan oleh industri kelapa sawit yaitu sekitar 22-23% dari total TBS (Tandan Buah Segar) yang diolah (Salmina, 2015). Total TBS di Indonesia khususnya Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2021 sebanyak 346.558 ton/tahun (BPS,2021), jika berat TKKS adalah 22% (Salmina,2015) maka produksi TKKS di Kabupaten Luwu Timur pada tahun 2021 mencapai 76.242 ton/tahun.

TKKS mengandung lignoselulosa dengan komponen utama ialah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa merupakan fraksi terbesar diantara tiga komponen tersebut yaitu 45,95% basis berat kering dan sangat potensial dipakai sebagai bahan baku untuk produksi etanol komponen-komponen tersebut merupakan sumber karbon bagi mikroorganismenya yang dimanfaatkan sebagai substrat fermentasi dengan menjadikannya sebagai bahan dasar pembuatan asam organik, etanol, protein sel tunggal atau bahan kimia lainnya melalui biokonversi (Darnoko, 1992).

Dengan yield etanol dari TKKS dari beberapa referensi yakni sebesar 12% (Darsono dkk, 2014), 15,17% (Muryanto dkk, 2015), dan 8,48% (Hanifah dkk, 2021) jika pada tahun 2025 potensi TBS 436.355 ton/tahun dan TKKS 95.998 ton/tahun, maka potensi bioetanol di Luwu Timur pada tahun 2025 dapat mencapai 11.404 ton/tahun. Pabrik industri bioetanol dengan ini didirikan dengan tujuan untuk meningkatkan kegunaan serta nilai ekonomis dari limbah hasil olahan kelapa sawit yang sebagian besar hanya dimanfaatkan sebagai pupuk yang tidak memiliki nilai jual tinggi serta sulit bersaing dipasar Internasional. Selain itu dengan adanya

pabrik ini diharapkan dapat membantu mengurangi jumlah impor bioetanol di Indonesia.

1.2 Tinjauan Pustaka

Bioetanol adalah etanol yang bahan utamanya dari tumbuhan dan menggunakan bantuan mikroorganisme dalam prosesnya. Etanol atau *ethyl alcohol* (C_2H_5OH) berupa cairan bening tak berwarna, terurai secara biologis (*biodegradable*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Etanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan air (Rikana dan Adam, 2005).

Etanol memiliki banyak manfaat yaitu dapat dikonsumsi manusia sebagai bahan minuman beralkohol, dan sebagai bahan baku farmasi dan kosmetika (Erliza, 2008). Etanol juga dimanfaatkan sebagai bahan cita rasa, obat-obatan dan komponen anti beku (Nitz, 1976). Namun beberapa tahun ini, perhatian mengarah pada produksi etanol sebagai bahan bakar dan pelarut kimia (Crueger, 1990).

Etanol atau *ethyl alcohol* sudah dikenal sejak tahun 3000 SM melalui fermentasi. Teknologi proses pembuatan etanol kemudian berkembang. Proses sintesis etanol diantaranya adalah hidrasi langsung etilen berkatalis, konversi gas sintesis, homologasi metanol, karbonilasi metanol dan metil asetat, fermentasi (Kosaric, 2001).

1.2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 1.1 Spesifikasi Produk Bioetanol

Parameter	Spesifikasi
Rumus Molekul	C_2H_5OH
Berat Molekul	46,07 g/mol
Bentuk	Cairan

Titik Didih	78,5°C
Tabel 1.1 Spesifikasi Produk Bioetanol (Lanjutan)	
Parameter	Spesifikasi
Titik Beku	-114,1°C
Densitas	0,7893 g/cm ³
Tekanan Uap	5,7 kPa (@ 20°C)
Densitas Uap	1,59 (Air = 1)
Warna	Tidak Berwarna
<i>Specific Gravity</i>	0,789
Panas Penguapan	200,6 kal/g
Kalor Pembakaran	7092,1 kal/g
Temperatur Kritis	243°C
Kelarutan	Larut dalam air dan eter

Sumber: (Ristiani, 2008)

1.2.2 Spesifikasi Bahan

Spesifikasi bahan yang digunakan terdiri dari dua bahan yaitu bahan baku dan bahan pembantu.

1.2.2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 1.2 Spesifikasi Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Parameter	Kandungan (%)
Lignin	20,4
Selulosa	44,2
Hemiselulosa	33,5
Abu	1,9

Sumber: (Nur fahmi et al, 2016)

Tabel 1.3 Spesifikasi Kandungan Fisik Tandan Kosong Kelapa Sawit

Parameter	Bagian Pangkal	Bagian Ujung
Panjang Serat		
- Minimum, mm	0,63	0,46
- Maksimum, mm	0,81	0,27
- Rata-rata (L), mm	0,20	0,76
Diameter serat (D), µm	15,01	14,34
Tebal dinding, µm	3,49	3,68
Kelangsingan (L/D)	79,95	53,00
Kelemasan	0,54	0,49
Kadar serat	72,67	67,42
Kadar Bukan Serat%	27,33	37,53

Rapat massa tumpukan serpih
(*density*) (kg/m³) 177,98

Sumber:(Erwiansyah dkk, 2012)

1.2.2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu

Tabel 1.4 Spesifikasi Bahan Pembantu Natrium Hidroksida

Parameter	Spesifikasi
Rumus Molekul	NaOH
Berat Molekul	40 g/mol
Bentuk	Cairan
Titik Didih	1390°C
Titik Lebur	323°C
Densitas	2,13 g/cm ³ (pada 20°C)
Warna	Kristal buram
Bau	Tak berbau

Sumber:(Carl Roth GmbH & Co. Kg, 2020)

Tabel 1.5 Spesifikasi Bahan Pembantu Amonium Sulfat

Parameter	Spesifikasi
Rumus Molekul	(NH ₄) ₂ SO ₄
Berat Molekul	132,14 g/mol
Titik Leleh	513°C
Bentuk	Kristal padat
Warna	Abu-abu kecoklatan sampai putih
Kelarutan	103,8 g/100 g air
Titik Nyala	93,3

Sumber: (Kirk and Othmer,1998)

Tabel 1.6 Spesifikasi Bahan Pembantu Asam Sulfat

Parameter	Spesifikasi
Rumus Molekul	H ₂ SO ₄
Berat Molekul	98,08 g/mol
Bentuk	Cairan
Kemurnian (berat)	98% H ₂ SO ₄ , 2% H ₂ O
<i>Spesifik Gravity</i>	1850,81 Kg/m ³
Titik didih	2553,86°C
Volume Kritis	0,3031 m ³ /kmol
Temperatur Kritis	762,89°C
Tekanan Kritis	8698,43 kPa
Kelarutan	Larut dalam air

Sumber: (Perry Jr, W.G. edisi 9 tahun 2019)

Tabel 1.7 Spesifikasi Bahan Pembantu Enzim *Saccharomyces cerevisiae*

Parameter	Spesifikasi
Nama Ilmiah	Saccharo-myces cerevisiae
Jenis Sel	Eukariotik
<i>Kingdom</i>	Fungi
<i>Subkingdom</i>	Dikarya
<i>Phylum</i>	Ascomycota
<i>Subphylum</i>	Saccharomycotina
<i>Class</i>	Saccharomycetes
<i>Order</i>	Saccharomycetales
<i>Family</i>	Saccharomycetaceae
<i>Genus</i>	Saccharomyces
<i>Specific descriptor</i>	Cerevisiae
pH	3-8,5
Temperatur Tumbuh	28-35°C
Gula yang diuraikan	Glukosa, Fruktosa, Galaktosa, Sukrosa, Maltosa, Manosa, Rafinosa, Trehalosa, dan Maltotriosa

Sumber: (Budiyanto, 2011)

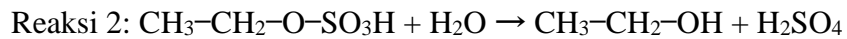
1.2.1 Jenis-jenis Proses pembuatan etanol

1.2.1.1 Hidrasi alkena

1.2.1.1.1 Cara langsung

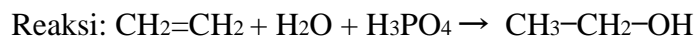
Etilen (C₂H₄) direaksikan dengan asam sulfat (H₂SO₄) pada suhu 250°C dan tekanan 100-300 atm dengan katalis P₂O₅ (difosfor pentaoksida) membentuk etil hidrogen sulfat sebagai reaksi pertama. Hasil reaksi pertama dihidrolisis oleh air membentuk alkohol dan asam sulfat sebagai reaksi kedua. Asam sulfat yang terbentuk pada reaksi kedua dapat digunakan kembali. Reaksi metode hidrasi alkena secara langsung sebagai berikut (Sudarmo, 2016).





1.2.1.1.2 Cara tidak langsung

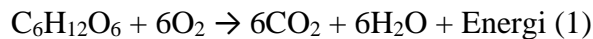
Etanol dapat disintesis dari reaksi antara etilen (C₂H₄) dengan air menggunakan katalis pada temperatur dan tekanan yang tinggi. Proses ini menggunakan katalis H₃PO₄ dengan pembawa alumina gel, tanah diatom, bentonite, dan opoka karena melewati ion karbonium. Perbandingan mol etilen dan air bebas garam adalah 1:0,6 dengan suhu reaksi 280-300°C dan tekanan 300 atm. Reaksi metode hidrasi alkena secara tidak langsung sebagai berikut (Sudarmo, 2016).



1.2.1.2 Fermentasi

Fermentasi merupakan proses yang memanfaatkan mikroba seperti bakteri, yeast, atau jamur untuk memperoleh produk. Pada proses fermentasi etanol sebelumnya akan dilakukan hidrolisis untuk mengubah selulosa menjadi glukosa kemudian glukosa difermentasi dengan bantuan yeast menjadi bioetanol. Produksi etanol melalui fermentasi tergolong memiliki selektivitas tinggi (kecilnya akumulasi produk samping, tingginya yield etanol), toleransi yang tinggi terhadap penambahan konsentrasi substrat dan konsentrasi etanol serta stabilitas konversi sebesar 55,1% (Dellweg, 1983), pada suhu 32°C dan tekanan 1 atm. Walaupun demikian, *Yeast* yang mempunyai semua karakter seperti ini masih dalam pengembangan (Kosaric, 2001)

Reaksi pembentukan etanol terjadi karena adanya aktivitas dari mikroba pada substrat. Mikroba akan menggunakan materi yang mengandung karbon seperti glukosa untuk proses metabolisme. Proses ini menghasilkan energi bagi mikroba tersebut. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dari reaksi di atas dapat dilihat bahwa reaksi tersebut memerlukan oksigen. Apabila kondisi ini tidak dipenuhi, artinya tidak ada oksigen, maka reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Secara umum, proses pembuatan bioetanol dari biomassa terdiri dari dua tahap utama, yaitu *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dan *Saccharification and Fermentation* (SSF). Metode SHF adalah metode hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah untuk memudahkan pengontrolan pada setiap tahap, yaitu hidrolisis dan fermentasi, agar tercapai hasil yang diinginkan (Anaawang, 2017). Metode SSF adalah metode hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara bersamaan dalam satu alat (Alvira, 2010). Berdasarkan hasil penelitian perhitungan terhadap % yield, untuk % yield bioetanol paling banyak menggunakan metode SHF. karena metode SHF hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah dan kemampuan enzim untuk memecah pati menjadi gula lebih optimal. Selain itu, kemampuan *yeast* untuk mengkonversi gula meningkat (Fikka, 2020)

Dari beberapa proses pembuatan bioetanol di atas, proses fermentasi secara SHF merupakan proses yang paling banyak digunakan. Hal ini dikarenakan dari

aspek teknis proses ini memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan proses lainnya. Untuk skala industri, aspek ini dipilih dengan pertimbangan bahwa secara teknik ditinjau dari kondisi operasinya, reaksi berlangsung pada tekanan dan suhu yang relatif rendah, sehingga dapat memperkecil kebutuhan energi, selain itu proses ini lebih ekonomis dengan bahan baku yang mudah didapat dan lebih murah (Atherton dan Saghafi, 2010).

Tabel 1.8 Perbandingan Proses antara Hidrolisis Asam dan Enzimatik

No.	Variabel Pemanding	Hidrolisis Asam	Hidrolisis Enzimatik
1.	<i>Yield</i> hasil hidrolisis yang tinggi	Tidak	Ya
2.	Penghambatan produk (inhibitor) selama hidrolisis	Tidak	Ya
3.	Pembentukan produk samping yang menghambat hidrolisis	Tidak	Ya
4.	Ramah terhadap lingkungan	Tidak	Ya
5.	Katalis yang murah	Ya	Tidak
6.	Waktu hidrolisis yang cepat	Ya	Tidak
7.	Korosif	Ya	Tidak
8.	Detoksifikasi (proses pemisahan gula dari asam)	Ya	Tidak

Sumber: (Tahezadeh,2007)

Tabel 1.9 Perbandingan Hidrasi Etilena dengan Fermentasi

Proses Hidrasi Etilena	Proses Fermentasi
Proses yang digunakan kontinyu	Proses yang digunakan batch sehingga perlu penjadwalan
Bahan baku berupa hidrokarbon jenis alkena dari produk minyak bumi (<i>non renewable energy</i>)	Bahan baku berupa biomassa (<i>renewable energi</i>)
Suhu (250-300°C) dan tekanan (70,23 atm) yang tinggi sehingga memerlukan material khusus	Suhu dan tekanan operasi yang diperlukan rendah (30-35°C)

Kebutuhan energi lebih besar karena membutuhkan kondisi operasi yang tinggi

Proses yang lebih berbahaya karena menggunakan bahan kimia, seperti asam kuat

Kebutuhan energi kecil karena proses fermentasi berlangsung pada kondisi atmosfer

Proses yang tidak berbahaya karena menggunakan ragi

Sumber : (Delayaski, N., 2022)

1.3 Kapasitas Produksi

Pabrik bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit akan dibangun pada tahun 2025. Dalam penentuan kapasitas rancangan bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit ini, terdapat beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan yaitu:

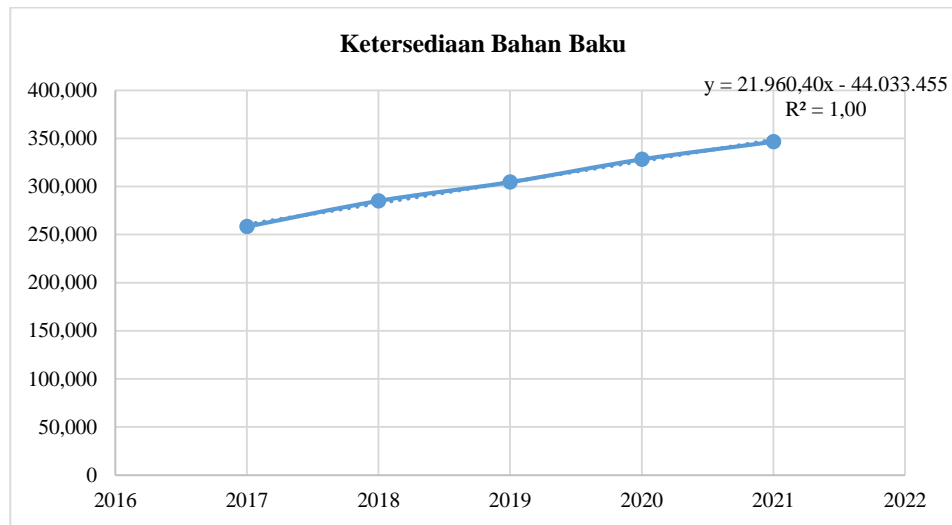
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, produksi kelapa sawit di Luwu Timur sejak tahun 2016 hingga, yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 1.10 Produksi Kelapa Sawit di Luwu Timur

Tahun	Ton/Tahun
2017	258.364
2018	285.102
2019	304.621
2020	328.318
2021	346.558

Sumber: (BPS, 2021)



Gambar 1.1 Grafik Ketersediaan Bahan Baku di Luwu Timur

Pada persamaan $y = 21.960,40x - 44.033.455$, diperoleh data ketersediaan bahan baku di Luwu Timur pada tahun 2025 mencapai 436.355 ton/tahun.

Setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan dihasilkan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebanyak 22–23% TKKS (Salmina, 2015). Jika berat TKKS adalah 22% dari TBS dapat diprediksi bahwa produksi TKKS di Indonesia dapat mencapai 95.998 ton/tahun. Dengan yield etanol dari TKKS dari beberapa referensi yakni sebesar 12% (Darsono dan Made Sumarti, 2014), 15,17% (Muryanto dkk, 2015), 8,48% (Hanifah Khairiah & Muhammad Ridwan, 2021), dan jika dirat-ratakan konversi yield etanol sebesar 11,88% maka potensi bioetanol di Luwu Timur dengan jumlah TKKS 436.355 ton/tahun dapat menghasilkan 11.404 ton/tahun etanol.

1.3.2 Kebutuhan produk di indonesia

1. Produksi Etanol

Berikut adalah data kapasitas produksi pabrik etanol yang sudah ada di Indonesia yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1.11 Daftar Pabrik Penghasil Etanol di Indonesia

No.	Pabrik	Tempat	Bahan Baku	Kapasitas/tahun (kL)
1	BPPT Lampung	Lampung	Singkong	2.500
2	PT Indolampung Distillery	Lampung	Molasses	70.000
3	PT Molindo Raya Industri	Malang	Molasses	50.000
4	PT Indo Acidatama	Solo	Molasses	50.000
5	PT Aneka Kimia Nusantara	Mojokerto	Molasses	17.000
6	PASA Jatiroto	Lumajang	Molasses	7.500
7	PT Madu Baru	Yogyakarta	Molasses	7.000
8	PSA Palimanan	Cirebon	Molasses	7.000
9	PT Basis Indah	Makassar	Molasses	5.500
10	Permata Sakti	Medan	Molasses	5.000
11	Molasindo Alur Pratama	Medan	Molasses	3.600
12	PT Energi Agro Nusantara (PTPN X)	Mojokerto	Molasses	30.000
13	PT Madusari Lampung Indah	Lampung	Singkong + Tebu	50.000
14	PT Indonesia Etanol Industri	Lampung Tengah	Singkong	50.000
15	Sampoerna Bio Energi bersinergi dengan PTPN XI	Jateng & Jatim	Singkong + Tebu	60.000
Total				415.100

Sumber:(www.kemenperin.go.id)

Dari tabel diatas diperoleh total produksi etanol di Indonesia adalah 415.100 kl/tahun atau 146.591,18 ton/tahun.

2. Kebutuhan

a. Konsumsi Etanol

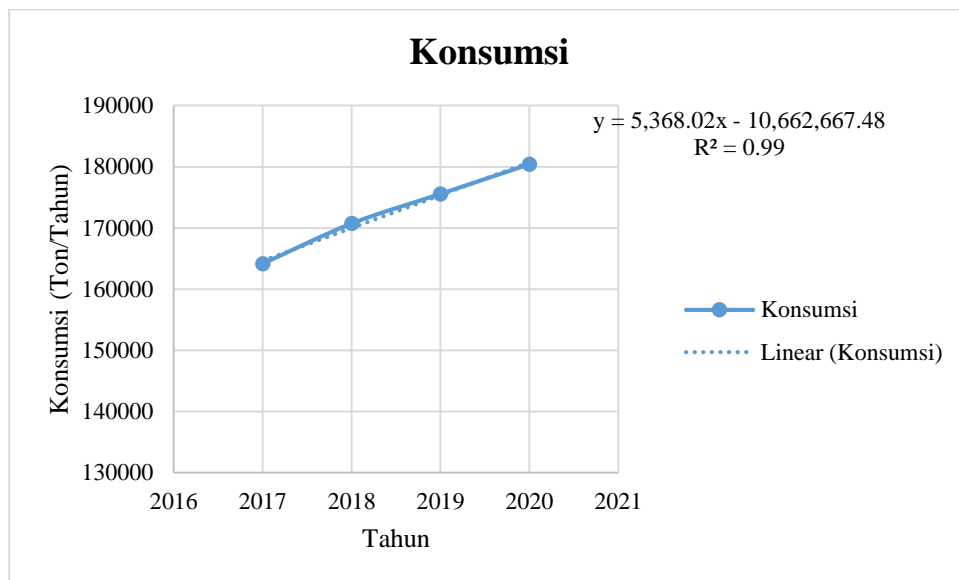
Data yang diperoleh menunjukkan konsumsi Etanol mengalami peningkatan dari tahun ke tahun seperti pada tabel berikut :

Tabel 1.12 Konsumsi Etanol di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
2017	164.120

2018	170.694
2019	175.545
2020	180.396

Sumber: (www.indexmundi.com)



Gambar 1.2 Grafik Konsumsi Etanol di Indonesia

Pada persamaan $y = 5.368,02x - 10.662.667,48$, diperoleh data konsumsi etanol di Indonesia pada tahun 2025 mencapai 207.573 ton/tahun.

Dari variabel tersebut, dapat dihitung peluang kebutuhan etanol di Indonesia pada tahun 2025 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Peluang} &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} \\
 &= (207.573 - 146.591,18) \text{ ton/tahun} \\
 &= 60.981,84 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari data kebutuhan etanol pada tahun 2025 diperoleh sebesar 207.573 ton/tahun, sedangkan jumlah produksi sebesar 146.591,18 ton/tahun, sehingga kekurangan produksi pada tahun 2025 adalah 60.981,84 ton/tahun, Dengan analisis potensi ketersediaan bahan baku TKKS di Luwu Timur sebanyak 95.998 ton/tahun

dapat menghasilkan bioetanol sebesar 11.566,03 ton/tahun, maka dipilih kapasitas produksi yaitu 10.000 ton/tahun (6% dari kebutuhan etanol di Indonesia).

1.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis, dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor. Idealnya, lokasi yang dipilih harus dapat memberikan kemudahan dalam pengadaan bahan baku serta kemungkinan memperluas atau memperbesar pabrik dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang. Lokasi pabrik yang dipilih adalah di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Beberapa pertimbangan penentuan lokasi pabrik, antara lain:

- Lokasi pendirian pabrik dipilih di Kabupaten Luwu Timur yang merupakan daerah penghasil kelapa sawit di Sulawesi Selatan, yang menghasilkan bahan baku (TKKS) pembuatan bioetanol.
- Posisi astronomis Kabupaten Luwu Timur yang terletak antara $2^{\circ} 03'00''$ - $3^{\circ} 03'25''$ Lintang Selatan dan $119^{\circ} 28'56''$ - $121^{\circ} 47'27''$ Bujur Timur, tercatat memiliki luas wilayah sekitar 6.944,88 km². Berdasarkan SK 362/MENLHK/SETJEN/PLA.0/5/2009 pada tahun 2020, luas kawasan hutan dan konservasi perairan di Kabupaten Luwu Timur mencapai 549.638,25 hektar (BPS, 2021).
- Banyaknya pelabuhan di kab. Luwu Timur yang dapat mempermudah pemasaran bioetanol melalui jalur laut sehingga biaya transportasi lebih murah.

BAB XI PENUTUP

Hasil analisa perhitungan pada Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kapasitas rancangan pabrik bioetanol direncanakan 10.000 ton/tahun.
2. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT).
3. Bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 135 orang.
4. Analisa ekonomi:
 - a) Modal Investasi Total : Rp. 460.409.220.886,58
 - b) Total Biaya Produksi : Rp. 262.581.211.679,37
 - c) Hasil Penjualan : Rp 330.000.000.000,-
 - d) Laba Bersih : Rp. 45.787.737.365,42
 - e) Profit Margin : 19,82%
 - f) *Break Even Point* : 56,95%
 - g) *Return on Investment* : 12,43%
 - h) *Pay Out Time* : 4,46 tahun
 - i) *Internal Rate of Return* : 13,3%

Dari hasil analisa aspek ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan bioetanol ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2017). *Country Facts*. <https://indexmundi.com>
- Anonim. 2014. Harga Peralatan. www.matche.com. Diunduh pada bulan September 2014.
- Aisyah, S. (2018). Penentuan Derajat Kristalinitas Selulosa, α -Selulosa dan Mikrokristal Selulosa (MKS) dari Daun Gebang (*Corypha utan Lamk*). In Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- Alvira, P., Tomás-Pejó, E., Ballesteros, M. J., & Negro, M. J., 2010., *Pretreatment Technologies for An Efficient Bioethanol Production Process Based On Enzymatic Hydrolysis: a review*. *Bioresource technology*, 101(13), 4851-4861.
- Anaawang, Y., Arpiwi, N.L., dan Ciawi, Y, 2017, Pembuatan Bioetanol dari Rumput Laut *Gracilaria sp.* melalui Hidrolisis Menggunakan Selulase. *Jurnal Metamorfosa*. Vol (1): 94-101.
- Anggoro, D. D., Purwanto, P., & Rispiandi, R. (2014). Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa Dengan Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi. *Reaktor*, 15(2), 126. <https://doi.org/10.14710/reaktor.15.2.126-131>
- Arianie, L., & Idiawati, N. (2011). Penentuan lignin dan kadar glukosa dalam hidrolisis organosolv dan hidrolisis asam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 5(2), 140-150.
- Atherton, W. & Saghafi, B., 2010., *Proceedings Of The 5th Annual BEAN Conference: Liverpool Conference On The Built Environment And Natural Environment*.
- Azizah, N. (2018). Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tongkol Jagung Kapasitas 4000 Ton/Tahun. Universitas Muslim Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2020). *Statistik Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Battley, E. H., Putman, R. L., & Boerio-Goates, J. (1997). Heat Capacity Measurements from 10 to 300 K and Derived Thermodynamic Functions of Lyophilized Cells of *Saccharomyces cerevisiae* including the Absolute Entropy and the Entropy of Formation at 298.15 K. *Thermochimica Acta*, 37–46.
- Brown, G.G., 1950, *Unit Operations*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons, Inc.
- Budiyanto, M. a. K. 2011. *Mikrobiologi Terapan*. Universitas Muhammadiyah, Malang, 272.

- Carl Roth GmbH & Co. Kg. (2020a). Safety Data Sheet (Sodium Hydroxide).
- CHS Inc. Material Safety Data Sheet. 2003. St. Paul : CHS Inc.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2003). Chemical ENgineering (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Crueger, W., Crueger, A., Brock, T. D., & Brock, T. D., 1990., *Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology*.
- Darnoko. 1992. Potensi Pemanfaatan Limbah Lignoselulosa Kelapa Sawit Melalui Biokonversi. *Berita Pen.Perkeb.* 2: 85-97
- Darsono, D., & Sumarti, M. (2014). Pembuatan bioetanol dari lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit menggunakan perlakuan awal iradiasi berkas elektron dan NaOH. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 36(2), 245-252.
- Delayaski, N. (2022). Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 50.000 kL/Tahun.
- Dellweg H. 1983. *Biomass, microorganism for special application microbial product energy from renewable resource*. Biotechnol. Volume 3. Verlag Chemie. Florida.
- Erliza, 2008. Teknologi Bioenergi. Penerbit Agro Media. Jakarta.
- Erwiansyah, Afriani, A., & Kardiansyah, T., 2015, Potensi dan Peluang Tandan Kosong Sawit sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas: Studi Kasus di Indonesia, *Jurnal Selulosa* 5(02).
- Erwinsyah, Afriani, A., & Kardiansyah, T. (2015). Potensi dan peluang tandan kosong sawit sebagai bahan baku pulp dan kertas: Studi kasus di Indonesia. *Jurnal Selulosa*, 5(02), 79-88.
- Farizi, A.2006. Mempelajari Penerapan Aspek Ergonomika dalam Proses Produksi Bioetanol di Balai Besar Teknologi Pati (B2TP) BPPT-Bandar Lampung. Laporan Praktek Lapang. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Fikka Widyastuti, & Fitri, A. C. K. (2020, October). Perbandingan Proses SHF & SSF dalam Produksi Bioetanol dari Bonggol Pisang Kepok. In *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)* (Vol. 3, pp. C9-1).
- Geankoplis, C. J. (1978). *Transport Processes and Unit Operations* (3rd ed.). Prentice-Hall International, Inc.
- Geng, W., Venditti, R. A., Pawlak, J. J., & Chang, H.-M. (2018). Effect of Delignification on Hemicellulose Extraction from Switchgrass, Poplar, and Pine and Its Effect on Enzymatic Convertibility of Cellulose-rich Residues. *BioResources*, 13(3), 4946–4963.

- Gibson, L. J. (2012). The hierarchical structure and mechanics of plant materials. *Journal of the Royal Society Interface*, 9(76), 2749–2766.
- Ginting, S. B., Sari, D. P., Iryani, D. A., Hanif, M., & Wardono, H. (2019). Sintesis Zeolit Lynde Type-A (LTA) dari Zeolit Alam Lampung (Zal) Menggunakan Metode Step Change Temperature of Hydrothermal dengan Varasi SiO₂/Al₂O₃ Diaplikasikan untuk Dehidrasi Etanol (Vol. 4, Issue 2655). Universitas Muslim Indonesia.
- Gomes, K. A. (1995). *Statistika Untuk Penelitian Pertanian*. Alih Bahasa Endang Sjamsudin, dkk. Edisi, 2.
- Gumbira, S. (1984). *Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi*. Mediatama Sarana Perkasa.
- Gunawan, S. (2012). MELALUI PEMANFAATAN SELULOSA DAN HEMISELULOSA DALAM. 1–6.
- Handoko, T.H., 1992, "Manajemen", Edisi Kedua, Penerbit, BPFE–UGM, Yogyakarta.
- Henri P, Nur FF. 2019. Identifikasi Bahaya, penilaian dan pengendalian risiko keselamatan kerja (k3) pada departemen foundry PT. Sicamindo. 16(2):62-74
- Hidayat, M. R. (2013). Teknologi pretreatment bahan lignoselulosa dalam proses produksi bioetanol. *Biopropal Industri*, 4(1), 33-48.
- Kern, D. Q. (1983). *Process Heat Transfer* (p. 788). McGraw-Hill, Inc.
- Khairiah, H., & Ridwan, M. (2021). PENGEMBANGAN PROSES PEMBUATAN BIOETANOL GENERASI II DARI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(4), 234-240.
- Kirk, R. E. & Othmer, D. F., 1997, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed., John Wiley and Sons, New York.
- Kosaric, N., & Vardar-Sukan, F., 2001., *Potential source of energy and chemical products. The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications*, Roehr, M.(Ed.). Wiley-VCH, Weinheim.
- Lyandra, Aisyah Margie dkk., 2020. PENGANTAR BISNIS. Banten. Universitas Pamulang.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (5th ed.). McGraw-Hill, Inc.
- Muryanto, M., Sudiyani, Y., & Abimanyu, H. (2016). Optimasi proses perlakuan awal NaOH tandan kosong kelapa sawit untuk menjadi bioetanol. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(01), 27-35.
- Nitz. UW., 1976., *Encyclopedia Americana : Ethyl Alcohol vol.10*. Americana Corporation., New York.

- Novia, N., Utami, I., & Windiyati, L. (2014). Pembuatan bioetanol dari sekam padi menggunakan kombinasi soaking in aqueous ammonia (SAA) pretreatment–acid pretreatment–hidrolisis–fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(1).
- Nurfahmi, Ong, H. C., Jan, B. M., Tong, C. W., Fauzi, H., & Chen, W. H. (2016). Effects of organosolv pretreatment and acid hydrolysis on palm empty fruit bunch (PEFB) as bioethanol feedstock. *Biomass and Bioenergy*, 95, 78-83.
- Orchidea, R., Andi, K. W., Dedy, R. P., Lisa, F. S., Khoir, L., Reza, P., & Cakra, C. M. (2010). Pengaruh Metode Pretreatment pada Bahan Lignosellulosa terhadap Kualitas Hidrosalat yang Dihasilkan. *Ketahanan Pangan dan Energi*, E10-7.
- Perry, R. & Green, D., 2008, *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th ed.* New York: Mc. Graw Hill Companies, Inc.
- Perry, R.H., Green, D., 1984, “*Chemical Engineering Handbook*”, Mc Graw-Hill Company, New York.
- Perry, R.H., Green, D., 1999, “*Chemical Engineering Handbook*”, Mc Graw-Hill Company, New York
- Peters, M.S and Timmerhaus, K.D, 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*, 3th edition, Mc. Graw-Hill International Student Edition, Singapore.
- Powell, S. T. (1954). *Water Conditionig For Industry* (I ed.). New: McGraw-Hill.
- Pratiwi, R. A., Amelia, R., & Moeksin, R. (2013). Pengaruh volume asam (proses hidrolisis) dan waktu fermentasi pada pembuatan bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1).
- Rase, H.F. & Holmes, J.R., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*, vol 2, Principles and Techniques, John Wiley & Sons Inc. New York.
- Reid, R.C., Prauswitz, J.M., 1987, “ *The Property of Gases and Liquids* “, 4th Edition, McGraw Hill Book Company Inc., United States of America.
- Rikana, H., & Adam, R. (2009). *Pembuatan Bioethanol dari Singkong Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Tape*.
- Ristiani, J., Kamilah, H., Abdilah, R., & Yunita, I. S. (2008). *Sintesis Etanol dari Sari Kulit Nanas (Ananas comosus L. Merr) sebagai Pengganti Bahan Bakar Cair*.
- Robbins,S.P.,1996, *Perilaku Organisasi: Konsep, Kontroversi, Aplikasi*”, Edisi Bahasa Indonesia, Jilid2, Penerbit, PT.Prenhallindo, Jakarta
- Rocha, G. D. M., Gonçaves, A. R., Oliveira, B. R., Olivares, E. G., & Rossell, C. E. V., 2012., *Steam Explosion Pretreatment Reproduction and Alkaline Delignification Reactions Performed on a Pilot Scale with Sugarcane Bagasse for Bioethanol Production*. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 274-279.

- Salmina, S. (2015). *Studi Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit di Jorong Koto Sawah Nagari Ujunggading Kecamatan Lembah Melintang Kabupaten Pasaman Barat* (Doctoral dissertation, STKIP PGRI SUMATERA BARAT).
- Sarwono, R., Triwahyuni, E., Aristiawan, Y., Kurniawan, H. H., & Anindyawati, T. (2014). Konversi Selulosa Tandan Kosong Sawit (TKS) Menjadi Etanol. *Jurnal Selulosa*, 4(01), 1–6.
- Sato, A., Rahardianto, A., & Santoso, A. B. (2015). Pemurnian Ethanol Secara Destilasi Dengan Penambahan Garam KCl. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 1-8.
- Seader, J.D dan E.J. Henley, 2006, *Separation Process Principle*, 2nd Edition, John
- Setiawan, A. H. (2013). Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 9–15.
- Siswanto. (2009). *Prarencana Pabrik Bietanol dari Tongkol Jagung*. Universitas Katolik Widya Mandala Madiun.
- Spengler and Klein's Introduction 13 , 1939 ; A 106725 . to business (2d ed .) Cotton industry , [by] E. H. Spengler and Footnote from the world's greatest Charles H. Hession . Revised & enflight log .
- Sucihati, Sutikno, & Sartika, D. (2014). Pengaruh Perlakuan Awal Basa Terhadap Komposisi Lignoselulosa Kulit Kakao (*Theobroma cacao L .*). *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*, 603–610.
- Sudarmo, U, 2016, *Kimia untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Supriyanto. (2006). *Prospek Pengembangan Industri Bioetanol dari Ubi Kayu*. Pusat Litbang Tanaman Pangan.
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2007). Enzymatic-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review. *BioResources*, 2(4), 707-738.
- Tanaiyo, D., Antu, E. S., & Akuba, S. (2022). Rancang Bangun Alat Destilasi Bioetanol Berbahan Dasar Nira Aren. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 7(1), 22-26.
- Treyball, Robert E. 1987. *Mass Transfer Operations*. USA: Mc.GrawHillBook Company.
- W.H Severn, H. D. (1959). *Steam, Air and Gas Power* (V ed.). New York: JohnWiley & Sons.
- Walas, Stanley M. 1988. *Chemical Process Equipment*. USA : Butterworth Publisher.
- Wilson, C. E. 1989. *Noise Control : Measurement, Analysis, and Control of*

- Sound and Vibration. New York : Harper and Row, Publishers, Inc.
- Winarno. (1984). Pengantar Teknologi Pangan. PT Gramedia Pustaka.
- Wulandari, R., 2015., *Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Novozym® 188 dalam Sistem Pelarut CHCl untuk Menghasilkan Biodiesel.*
- Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook. McGraw-Hill, Inc.

