

PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL  
DARI JERAMI PADI DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri  
Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

INDO KATU	432 21 209
NENENG NURDAYANTI IDAR	432 21 210


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 dari Jerami Padi dengan Kapasitas 12.000 Ton/Tahun” oleh Indo Katu NIM 432 21 209 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2022

Pembimbing I



Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.  
NIP. 19651005 199303 1 001

Pembimbing II



M. Badai, S.T., M.T.  
NIP. 19600722 198811 1 001

Mengetahui,  
a.n Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR TABEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR SIMBOL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
SURAT PERNYATAAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
RINGKASAN .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tinjauan Pustaka Bahan Baku dan Produk.....	3
1.2.1 Jerami padi .....	3
1.2.2 Bioetanol .....	4
1.2.3 Kegunaan bioetanol.....	6
1.2.4 Proses Pembuatan Bioetanol .....	7
1.3 Penentuan Kapasitas Rancangan .....	13
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku .....	13
1.3.2 Kapasitas Minimum Produksi Pabrik.....	16
1.3.3 Perhitungan Kebutuhan Bioetanol di Indonesia .....	16
1.4 Penentuan Lokasi Pendirian Pabrik.....	19

BAB II DESKRIPSI PROSES .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1 Bahan Baku .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.2 Produk (Etanol) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Konsep Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1 Tinjauan Termodinamika .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2 Tinjauan Kinetika .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Uraian Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.1 Persiapan Bahan Baku .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.2 Proses Delignifikasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.3 Proses Hidrolisis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.4 Proses Fermentasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.5 Proses Destilasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.6 Proses Dehidrasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III NERACA MASSA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Crusher dan Vibrating Screen.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Tangki Delignifikasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Rotary Drum Vacuum Filter I .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4 Reaktor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5 Cooler .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6 Rotary Drum Vacuum Filter II .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7 Fermentor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8 Centrifuge .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.9 Heater.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.10 Menara Destilasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.11 Vaporizer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.12	Dehidrator.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.13	Kondensor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV NERACA PANAS.....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Tangki Delignifikasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Rotary Drum Vacuum Filter I .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Reaktor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Cooler .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Rotary Drum Vacuum Filter II.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Fermentor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7	Centrifuge.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.8	Heater.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.9	Menara Destilasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.10	Vaporizer.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.11	Dehidrator.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.12	Kondensor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT.....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1	Gudang Penyimpanan (GP-101).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Belt Conveyor (BC-101) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3	Crusher (CS-101).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4	Screw Conveyor (SC-101).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5	Vibrating Screen (VS-101).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.6	Bucket Elevator (BE-101) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.7	Screw Conveyor (SC-102).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

5.8	Tangki NaOH (T-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.9	Tangki Delignifikasi (TD-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.10	Rotary Drum Vacuum Filter I (RDVF-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.11	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (T-102)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.12	Reaktor (R-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.13	Cooler (CL-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.14	Rotary Drum Vacuum Filter II (RDVF-102)	....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.15	Tangki Yeast (T-103)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.16	Tangki Nutrien (T-104)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.17	Screw Conveyor (SC-103)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.18	Screw Conveyor (SC-104)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.19	Fermentor (F-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.20	Centrifuge (CF-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.21	Heater (H-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.22	Menara Destilasi (MD-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.23	Kondensor (CD-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.24	Reboiler (RB-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.25	Vaporizer (V-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.26	Dehidrator (D-101)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.27	Kondensor (CD-102)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.28	Tangki Produk (T-105)	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

5.29 Pompa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB VI UTILITAS .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1 Unit Penyedia Uap ( <i>Steam</i> ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2 Unit Penyedia Air .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.1 Air Umpan Boiler .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.2 Air Pendingin.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.3 Air Proses.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.4 Air domestik .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.5 Total Kebutuhan Air .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3 Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.1 Perincian Kebutuhan Listrik untuk Unit Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.2 Perincian Kebutuhan Listrik untuk Unit Utilitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.3 Peralatan Penunjang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4 Kebutuhan Bahan Bakar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.5 Unit Pengolahan Limbah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.6 Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB VII INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1 Instrumentasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2 Keselamatan Kerja.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8.1 Lokasi Pabrik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

8.2 Tata Letak Pabrik.....**Error! Bookmark not defined.**

8.3 Tata Letak Alat Proses.....**Error! Bookmark not defined.**

## **BAB IX BENTUK ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN Error!**

### **Bookmark not defined.**

9.1 Organisasi Perusahaan.....**Error! Bookmark not defined.**

9.2 Struktur Organisasi.....**Error! Bookmark not defined.**

9.3 Tugas dan Wewenang.....**Error! Bookmark not defined.**

9.3.1 Pemegang Saham.....**Error! Bookmark not defined.**

9.3.2 Dewan Komisaris.....**Error! Bookmark not defined.**

9.3.3 Direktur Utama.....**Error! Bookmark not defined.**

9.3.4 Staf Ahli.....**Error! Bookmark not defined.**

9.3.5 Kepala Bagian.....**Error! Bookmark not defined.**

9.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....**Error! Bookmark not defined.**

9.5 Status Karyawan dan Sistem Upah.....**Error! Bookmark not defined.**

9.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji...**Error! Bookmark**

**not defined.**

## **BAB X ANALISIS EKONOMI .....Error! Bookmark not defined.**

10.1 Total Capital investment (TCI).....**Error! Bookmark not defined.**

10.1.1 Fixed Capital Investment (FCI)..... **Error! Bookmark not defined.**

10.1.2 Working Capital Investment (WCI)..... **Error! Bookmark not defined.**

10.2 Total Production Cost (TPC).....**Error! Bookmark not defined.**

10.2.1 Manufacturing Cost (MC).....**Error! Bookmark not defined.**

10.2.2 General Expenses.....**Error! Bookmark not defined.**

10.3 Hasil Analisa.....**Error! Bookmark not defined.**

10.3.1 Profit on Sales (POS) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.3.2 Return Of Investment (ROI)....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.3.3 Pay Out Time (POT) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.3.4 Break Even Point (BEP).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.3.5 Shut Down Point (SDP) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.3.6 Discounted Cash Flow (DCF) .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB XI KESIMPULAN .....	21
DAFTAR PUSTAKA .....	22

## **PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI PADI DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

### **RINGKASAN**

Jerami padi merupakan limbah pertanian mengandung selulosa yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Pabrik bioetanol dengan kapasitas 12.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2023 di Desa Mattirowalie, Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan dengan pertimbangan ekonomi dan analisis potensi ketersediaan bahan baku jerami padi yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bioetanol serta dapat mengurangi jumlah impor bioetanol di Indonesia. Pabrik bioetanol direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan luas tanah yang dibutuhkan 23.000 m<sup>2</sup>.

Proses pembuatan bioetanol dilakukan dalam enam tahapan proses yaitu tahap penyediaan bahan baku, delignifikasi dengan NaOH 2%, hidrolisis menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%, fermentasi dengan bantuan *yeast* dan destilasi dengan tipe *sieve tray* serta dehidrasi dengan menggunakan *molecular sieve zeolite* untuk memperoleh kemurnian etanol 99,5%.

Pabrik bioetanol dilengkapi dengan unit penyediaan air sebesar 365.273,6682 kg/jam dengan kebutuhan bahan bakar solar yaitu 885,58 L/jam dan dilengkapi dengan unit penyediaan kebutuhan listrik serta unit pengolahan limbah dengan total karyawan 122 orang.

Hasil analisis ekonomi pabrik pembuatan bioetanol dari jerami padi diperoleh Total *Fixed Capital Investment* (FCI) Rp 201.287.784.660,07 dan *Working Capital Investment* (WCI) Rp 22.365.309.406,67. Analisa kelayakan ada 6 yaitu Profit On Sale (POS) 26,05%, *Return on Investment* (ROI) 28,29%, *Pay Out Time* (POT) 2,61 tahun, *Break Event Point* (BEP) 41,87%, *Shut Down Point* (SDP) 19,91% dan *Discounted Cash Flow* (DCF) 35,74%. Berdasarkan hasil perhitungan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pra rancangan pabrik bioetanol ini layak untuk ditindak lanjuti oleh investor ke tahap perancangan sesuai prosedur yang telah direncanakan.

Kata kunci: bioetanol, jerami padi, *molecular sieve*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap bahan bakar minyak semakin meningkat, sedangkan cadangan energi minyak bumi (fossil) setiap harinya semakin berkurang. Perkembangan sektor industri dunia salah satunya sangat bergantung kepada pasokan minyak bumi, termasuk di Indonesia. Kebutuhan akan minyak bumi di Indonesia semakin besar, hal ini dikarenakan penggunaan kendaraan bermotor yang semakin meningkat setiap tahunnya. Penggunaan kendaraan yang semakin meningkat menyebabkan menurunnya secara alamiah cadangan minyak bumi. Potensi Indonesia untuk mengembangkan energi yang terbarukan (*renewable energy*) relatif besar karena sumber daya alam Indonesia yang melimpah. Salah satu potensi yang relatif besar adalah pengembangan bioetanol.

Bioetanol ( $C_2H_5OH$ ) adalah etanol yang dibuat dari proses fermentasi bahan baku nabati, dimana bioetanol memiliki sifat menyerupai minyak premium. Bioetanol mempunyai kelebihan ramah lingkungan, karena pembakaran dari bioetanol lebih sempurna dan gas buang yang dihasilkan dapat mengurangi emisi karbon monoksida dan asap lainnya dari kendaraan. Berdasarkan data USDA GAIN Report, kebutuhan impor bioetanol di Indonesia sejak tahun 2012 mengalami peningkatan rata-rata 16,85% setiap tahunnya, maka sangat memungkinkan untuk mendirikan pabrik bioetanol di Indonesia.

Produksi bioetanol dapat dibuat dari bahan baku yang mengandung glukosa, pati dan selulosa seperti pada jerami padi. Jerami padi termasuk Salah satu limbah pertanian di Indonesia yang belum dimanfaatkan. Jerami adalah tanaman padi yang telah diambil buahnya (gabahnya), sehingga tinggal batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian terbesar serta belum sepenuhnya dimanfaatkan karena adanya faktor teknis dan ekonomis. Pada sebagian petani, jerami sering digunakan sebagai mulsa pada saat menanam palawija. Hanya sebagian kecil petani menggunakan jerami sebagai pakan ternak alternatif di kala musim kering karena sulitnya mendapatkan hijauan. Di lain pihak jerami sebagai limbah pertanian, sering menjadi permasalahan bagi petani, sehingga sering di bakar untuk mengatasi masalah tersebut.

Data dari BPS menyebutkan bahwa produksi padi di Kabupaten Bone pada tahun 2021 sebanyak 817.823,3 ton. Kim & Dale (2004) menyebutkan bahwa rasio jerami/panen adalah 1,4 (berdasarkan pada berat kering massa). Artinya produksi padi di Kabupaten Bone akan menghasilkan jerami 1.144.952,62 ton. Jerami padi diketahui memiliki kandungan selulosa yang tinggi mencapai 39%, 27% hemiselulosa dan kandungan lignin hingga 12%. Kandungan selulosa yang tinggi dapat dihidrolisis menjadi gula sederhana yang selanjutnya difermentasi menjadi etanol.

Potensi etanol dari jerami padi menurut Kim and Dale (2004) adalah sebesar 0,28 L/kg jerami. Artinya dengan menggunakan bahan baku jerami padi sebanyak 1 ton dapat menghasilkan etanol sebanyak 0,22092 ton. Berdasarkan data potensi jumlah bahan baku jerami padi tahun 2021 di Kabupaten Bone ialah 1.144.952,62

ton/tahun, maka potensi jumlah etanol yang dihasilkan mencapai 252.942,93 ton/tahun. Oleh karena itu, produksi bioetanol perlu terus dikembangkan untuk mengurangi jumlah limbah jerami padi. Faktor lain yang menjadi pertimbangan untuk mendirikan pabrik bioetanol di Indonesia yaitu:

1. Pendirian pabrik bioetanol dapat diproyeksikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2. Mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar minyak.
3. Mendorong berdirinya pabrik baru untuk mengurangi nilai impor yang semakin meningkat setiap tahun.
4. Membuka kesempatan lapangan kerja baru sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran di Indonesia.
5. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menambah devisa negara khususnya dari pajak produksi.

## **1.2 Tinjauan Pustaka Bahan Baku dan Produk**

### **1.2.1 Jerami padi**

Tanaman padi merupakan tanaman pangan penting yang telah menjadi makanan pokok lebih dari setengah penduduk dunia. Padi merupakan tumbuhan monokotil yang tumbuh di daerah tropis. Tanaman padi yang telah siap panen akan diambil butiran-butirannya, sementara batang serta daunnya akan dibuang. Jerami padi adalah salah satu limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara optimal. Jerami padi memiliki kandungan fosfor, nitrogen, kalsium yang rendah serta kandungan serat kasar yang tinggi (Badruddin, 2011).

Secara umum jerami padi dan bahan lignoselulosa lainnya tersusun dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa tersusun dari monomer-monomer gula sama seperti gula yang menyusun pati (glukosa). Selulosa ini berbentuk serat-serat yang terpilin dan diikat oleh hemiselulosa, kemudian dilindungi oleh lignin yang sangat kuat. Akibat perlindungan lignin dan hemiselulosa ini, selulosa menjadi sulit untuk dipotong-potong menjadi gula.

Tabel 1.1 Kandungan Jerami Padi

<b>Komponen</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Hemiselulosa	27±0,5
Selulosa	39±1
Lignin	12±0,5
Abu	11±0,5

Sumber: Karimi et al. (2006)

### 1.2.2 Bioetanol

Etanol disebut etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  dan rumus empiris  $C_2H_6O$ .

Tabel 1.2 Identifikasi bahaya etanol

Penampilan	Cairan tak berwarna dengan bau khas
Target organ	Ginjal, hati, sistem saraf pusat dan jantung
Kontak langsung	1. Pada mata mengakibatkan iritasi dan meningkatkan sensitivitas bila terkena mata 2. Pada kulit, mengakibatkan iritasi pada kulit

Pernapasan	Dapat menyebabkan kesulitan bernafas, sakit kepala dan pusing
Akibat fatal	Kerusakan sistem reproduksi dan percobaan pada hewan menyebabkan tumor

Sumber: Federal Register (2012)

Penggunaan etanol sebagai bahan bakar didasari oleh sifat etanol murni yang cukup mudah terbakar dan memiliki kalor-kalor netto besar, yakni 21 MJ/liter (kira-kira 2/3 dari kalor-bakar *netto gasoline*) (Supriyanto, 2006). Tabel 1.3 menunjukkan Standar Nasional Indonesia untuk kualitas bioetanol.

Tabel 1.3 Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol (SNI 7390-2008)

Parameter	Unit, Min/Max	Spesifikasi
Kadar etanol	%v, min.	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)
Kadar metanol	mg/L, max.	300
Kadar air	%v, max.	1
Kadar denaturan	%v, min.	2
	%v, max.	5
Kadar Cu	mg/kg, max.	0,1
Keasaman sebagai CH <sub>3</sub> COOH	mg/L, max.	30
Tampakan		Jernih & tidak ada endapan
Ion klorida	mg/L, max.	40
Kandungan Sulfur	mg/L, max.	50
Getah (gum), dicuci	mg/100 mL	5
pH		6,5-9,0

Sumber: Junaidi (2012)

Beberapa kelebihan penggunaan etanol sebagai bahan bakar adalah sebagai berikut.

1. Memiliki bilangan oktan (*research octane*) yang tinggi yaitu sebesar 108,6 dibanding bensin dengan angka *research octane* sebesar 88. *Research octane* yang tinggi akan mencegah letupan saat pembakaran.
2. Hasil pembakaran yang lebih bersih karena mengandung oksigen, sehingga emisi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan rendah. Sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran udara.
3. Pembakaran bioetanol sedikit lebih dingin sehingga dapat memperpanjang usia mesin kendaraan.
4. Memiliki efisiensi yang tinggi (Farissa, 2019).

#### 1.2.3 Kegunaan bioetanol

Bioetanol banyak sekali di gunakan pada dunia industri, sehingga banyak pula kegunaan yang terdapat dalam bahan tersebut. Menurut Fessenden (1992), kegunaan bioetanol antara lain:

1. Digunakan dalam minuman keras.
2. Sebagai pelarut dan reagensia dalam laboratorium dan industri.
3. Sebagai bahan bakar.

Menurut Austin (dalam Hidayati & Puspita, 2017) kegunaan bioetanol antara lain:

1. Sebagai bahan industri kimia.
2. Sebagai bahan kecantikan dan kedokteran.
3. Sebagai pelarut untuk sintesis senyawa kimia lainnya.

4. Sebagai bahan baku (*raw material*) untuk membuat ratusan senyawa kimia lain seperti asetal dehid, etil asetat, asam asetat, etilene dibromide, glycol, etil klorida, dan semua etil ester.

#### 1.2.4 Proses Pembuatan Bioetanol

Dalam produksi bioethanol terdapat 2 proses yang umum digunakan yaitu hidrasi etilen dan fermentasi.

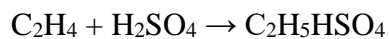
##### 1. Hidrasi etilen

Terdapat dua cara dalam pembuatan etanol dari hidrasi etilen yaitu *indirect-hydration process* dan *direct-hydration process*.

###### a) *Indirect-Hydration Process*

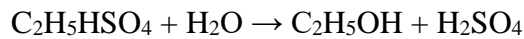
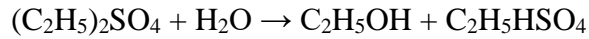
Proses ini dikembangkan pertama kali oleh Union Corporation, Amerika Serikat, pada tahun 1930 (Kirk & Othmer, 1980). Pada proses ini terjadi penyerapan etilen dalam asam sulfat yang menghasilkan etil sulfat kemudian dihidrolisis sehingga menghasilkan etanol, terdapat tiga langkah dalam proses ini yaitu:

- a. Absorpsi etilen dengan asam sulfat pekat (95-98%) untuk membentuk monoetil sulfat dan dietil sulfat dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini bersifat eksotermik sehingga dibutuhkan pendingin supaya menjaga temperatur tetap rendah dan mengurangi laju terbentuknya korosi. Suhu yang digunakan pada proses ini antara 65-85°C dan tekanan yang digunakan sebesar 10-35 bar.

b. Hidrolisis etil sulfat menjadi etanol



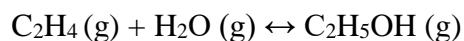
Reaksi ini biasa dilakukan dengan dua stage, dengan kondisi stage pertama pada suhu 70°C dan stage kedua pada suhu 100°C. Pada reaksi ini digunakan air sehingga konsentrasi asam sulfat mencapai 40-55%. Penambahan air dilakukan untuk menekan terjadinya reaksi samping, yaitu pembentukan dietil eter (Mc Ketta, 1983).

c. Pemekatan asam sulfat encer

Proses ini merupakan salah satu proses yang mahal dalam pembuatan etanol dengan *indirect-hydration process*. Reboiler asam diikuti dengan dua vakum evaporator meningkatkan konsentrasi asam menjadi 90%. Konsentrasi asam sulfat dinaikkan menjadi 96-98% dengan memekatkan asam sulfat 90% dalam oleum 10%.

b) *Direct-Hydration Process*

Proses ini dikembangkan pertama kali oleh Shell Chemical Corporation, Houston, Texas, pada tahun 1948 (Mc Ketta, 1983). Pada proses ini terjadi dengan mengontakkan reaktan berfase gas dengan katalis berwujud padat atau cair, dengan reaksi sebagai berikut :



Katalis yang biasa digunakan dalam proses ini adalah asam fosfat dengan penyangga seperti tanah *diatomic*, *bentonite*, dan *silica gel*. Gas etilen dan air dipanaskan sampai suhu reaksi yaitu 230-280°C pada tekanan 60-80 bar kemudian

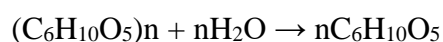
dilewatkan pada reaktor *fixed bed* agar bereaksi membentuk etanol. Uap keluar reaktor akan sedikit panas dibandingkan umpan hal itu dikarenakan reaksi bersifat eksotermis.

Hasil keluar reaktor kemudian didinginkan dan dipisahkan menjadi arus cair dan arus uap. Arus cair diteruskan ke unit pemurnian etanol sedangkan arus uap dicuci dengan air untuk mengambil etanol yang masih tersisa. Gas yang telah dicuci sebagian besar terdiri dari etilen yang tidak bereaksi yang selanjutnya dikembalikan ke reaktor (Kirk and Othmer, 1980).

Dibandingkan dengan *indirect-hydration process*, kelebihan dari *direct-hydration process* adalah senyawa-senyawa yang digunakan cenderung tidak korosif sehingga alat-alat yang digunakan lebih murah. Sedangkan kekurangannya konversi pada proses ini rendah hanya berkisar 5% per pass sehingga etilen perlu direcycle beberapa etilen sebelum dimasukkan kembali ke dalam reaktor.

## 2. Fermentasi

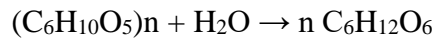
Fermentasi adalah proses perubahan bahan organik menjadi bentuk lain dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku untuk proses fermentasi terdiri dari tiga kategori yaitu gula, pati, dan selulosa. Pati yang berasal dari tepung tapioka terlebih dahulu dihidrolisis menjadi gula dengan bantuan enzim lalu kemudian diubah menjadi etanol, dengan reaksi sebagai berikut :



Pada proses fermentasi terjadi proses-proses sebagai berikut:

#### a) Hidrolisis

Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengubah selulosa menjadi gula monosakarida agar dapat dengan mudah dikonversi menjadi etanol. Pada proses ini terjadi reaksi untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa yaitu:



Selulosa      air      Glukosa

Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan berbagai macam metode salah satunya yaitu hidrolisis asam. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisa asam antara lain adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Hidrolisa asam dapat dikelompokkan menjadi: hidrolisa asam pekat dan hidrolisis asam encer (Taherzadeh and Karimi, 2007).

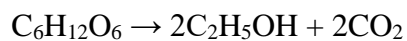
Hidrolisa asam pekat merupakan teknik yang sudah dikembangkan cukup lama. Braconnot di tahun 1819 pertama menemukan bahwa selulosa bisa dikonversi menjadi gula yang dapat difermentasi dengan menggunakan asam pekat (Sherrad & Kressman 1945 dalam Taherzadeh & Karimi, 2007). Hidrolisa asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer (Hamelinck et al., 2005).

Proses hidrolisis juga dapat dilakukan dengan metode enzimatik. Hidrolisis enzimatik membutuhkan biaya yang lebih banyak dibandingkan hidrolisis asam. Dalam mendapatkan kadar gula secara hidrolisis enzimatik, semakin besar volume enzim yang ditambahkan maka semakin besar kadar gula yang dihasilkan. Sementara jika dilakukan secara hidrolisis asam, semakin besar volume asam yang

ditambahkan, kadar glukosa yang diperoleh semakin kecil. Dengan demikian, volume asam yang digunakan pada hidrolisis asam tidak terlalu banyak dan dapat menekan biaya produksi (Salsabilla dan Fahrurroji, 2021).

#### b) Fermentasi

Tahap fermentasi merupakan kunci dari pembuatan etanol yaitu suatu proses biokimia dimana enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme mengubah gula menjadi etanol. Reaksi yang terjadi pada proses fermentasi adalah reaksi penguraian glukosa yaitu:



Glukosa            Etanol        Karbon dioksida

Dengan memperhatikan kondisi-kondisi fermentasi seperti : pH, suhu, dan tanpa udara (anaerob). Etanol hasil fermentasi umumnya memiliki kadar air 8–10% v/v, sehingga perlu didistilasi untuk menguapkan airnya sehingga diperoleh etanol dengan kadar 95–96% v/v, yaitu kondisi di mana komponen etanol-air mencapai titik azeotrop.

#### c) Distilasi

Dalam hal ini substrat hasil fermentasi masih mengandung konsentrasi etanol rendah. Untuk meningkatkan konsentrasinya maka perlu diadakan distilasi. Distilasi adalah suatu proses pemisahan campuran homogen yang komponen-komponennya mempunyai perbedaan titik didih yang nyata. Distilasi merupakan cara yang mudah dioperasikan dan juga merupakan cara pemisahan yang paling efisien. Maksud dari tahap distilasi ini adalah untuk memisahkan etanol dari air. Proses distilasi yang banyak digunakan adalah *multi pressure* distilasi yang lebih

hemat energi dibandingkan proses distilasi dengan tekanan atmosfer (Supriyanto, 2006). Efisiensi distilasi ini biasanya sekitar 90–95%. Untuk standar bahan bakar (*fuel grade*) diperlukan etanol *anhydrous* dengan kadar 99,5% v/v, sehingga etanol 96% harus didehidrasi untuk mendapatkan tingkat kemurnian yang tinggi tersebut.

d) Proses dehidrasi

Proses dehidrasi adalah proses untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada produk hasil destilasi. Proses dehidrasi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu distilasi azeotrop menggunakan *solvent*, *molecular sieve* dan membran. Saat ini, proses dehidrasi yang banyak digunakan untuk membuat etanol *anhydrous* adalah dengan *molecular sieve* (Supriyanto, 2006).

Tabel 1. 4 Perbandingan Metode *Indirect-Hydration Process*, *Direct-Hydration Process*, dan Fermentasi.

Metode	Kelebihan	Kekurangan
<i>Indirect-Hydration Process</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil yang diperoleh cukup tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senyawa yang digunakan cenderung korosif</li> <li>• Bahan baku minyak bumi yang terbatas</li> <li>• Kondisi operasi cukup tinggi (P = 69,06 atm dan T = 298 °C)</li> </ul>
<i>Direct-Hydration Process</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senyawa yang digunakan cenderung tidak korosif</li> <li>• Biaya alat lebih murah dibandingkan <i>Indirect-Hydration Process</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku minyak bumi yang terbatas</li> <li>• Kondisi operasi cukup tinggi (P = 1,36 atm dan T = 300 °C)</li> </ul>

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Fermentasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya produksi yang rendah, karena kondisi operasi yang digunakan adalah <math>P = 1 \text{ atm}</math> dan <math>T = 30^{\circ}\text{C}</math></li> <li>• Hasil yang diperoleh cukup tinggi</li> <li>• Bahan baku dari bahan nabati yang mudah diperoleh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu pemisahan produk</li> <li>• Kondisi operasi harus dijaga</li> </ul>

Berdasarkan tabel 1.4, metode yang dipilih untuk proses pembuatan bioetanol adalah metode fermentasi karena biaya produksi yang rendah dan hasil bioetanol yang diperoleh lebih tinggi.

### 1.3 Penentuan Kapasitas Rancangan

#### 1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Jerami padi merupakan bahan baku utama dalam memproduksi bioetanol. Ketersediaan bahan baku jerami padi cukup melimpah di Sulawesi Selatan. Berikut ini data ketersediaan bahan baku jerami padi yang dapat diperoleh dari jumlah produksi padi di Sulawesi Selatan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Produksi Padi Tahun 2011-2021 di Kabupaten Bone

Tahun	Produksi Padi (ton/tahun)
2011	644.279
2012	728.176
2013	643.568
2014	778.818
2015	812.775

Tahun	Produksi Padi (ton/tahun)
2016	887.862
2018	1.031.267,53
2019	772.874,27
2020	771.447,21
2021	817.823,3

Sumber: Info Sulsel (2022) dan Badan Pusat Statistik (2022)

Jumlah produksi padi di Kabupaten Bone pada tahun 2025 dapat dihitung dengan metode pertumbuhan rata-rata per tahun dengan rumus berikut.

$$i = \frac{\sum \%P}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$m = P(1 + i)^a \dots\dots\dots(2)$$

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 dicari

Dari data jumlah produksi padi di Kabupaten Bone, nilai pertumbuhan rata-rata per tahun dapat dihitung sesuai dengan rumus (1), seperti yang tertera pada tabel 1.6.

Tabel 1.6 Pertumbuhan Produksi Padi Di Kabupaten Bone

Tahun	Produksi Padi (ton/tahun)	%P
2011	644.279	-
2012	728.176	11,52%
2013	643.568	-13,15%
2014	778.818	17,37%
2015	812.775	4,18%
2016	887.862	8,46%
2018	1.031.267,53	13,91%
2019	772.874,27	-33,43%
2020	771.447,21	-0,18%
2021	817.823,3	5,67%
	i	1,59%

Nilai prediksi data produksi padi di Kabupaten Bone pada tahun 2025 dapat dicari dari data pertumbuhan rata-rata per tahun menggunakan rumus (2).

$$\begin{aligned}
 m &= P (1 + i)^a \\
 &= 817.823,3 (1 + 0,0159)^4 \\
 &= 871.184,04 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Kim and Dale (2004) menyebutkan bahwa rasio jerami/panen adalah 1,4 (berdasarkan pada berat kering massa). Artinya setiap produksi 1 ton akan menghasilkan jerami 1,4 ton. Berdasarkan data prediksi produksi padi tahun 2025 di Kabupaten Bone, maka potensi jumlah bahan baku jerami padi yang dihasilkan mencapai 1.219.657,66 ton/tahun.

Potensi etanol dari jerami padi menurut Kim and Dale (2004) adalah sebesar 0,28 L/kg jerami. Artinya dengan menggunakan bahan baku jerami padi sebanyak 1 ton dapat menghasilkan etanol sebanyak 0,22092 ton. Berdasarkan data prediksi

bahwa potensi jumlah bahan baku jerami padi tahun 2025 di Kabupaten Bone ialah 1.219.657,66 ton/tahun, maka potensi jumlah etanol yang dihasilkan mencapai 269.446,77 ton/tahun.

### 1.3.2 Kapasitas Minimum Produksi Pabrik

Tabel 1.7 Kapasitas Pabrik Bioetanol di Indonesia yang Telah Beroperasi

No.	Nama perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT. Energi Agro Nusantara	Mojokerto, Jatim	23.670
2.	PT. Ethanol Ceria Abadi	Jombang, Jatim	9.468
3.	PT. Indo Acidatama, Tbk	Solo, Jateng	35.505
4.	PT. Madu Baru (PS Madukismo)	Yogyakarta, Jateng	6.312
5.	PT. Molindo Raya Industrial	Malang, Jatim	63.120
6.	PTPN XI PSA Jatiroro	Lumajang, Jatim	11.835
7.	PSA Palimanan	Cirebon, Jabar	3.945

Sumber: Kemenperin (2020)

Berdasarkan data tabel 1.7, jumlah produksi bioetanol terbesar yaitu 63.120 ton yang terdapat pada PT. Molindo Raya Industrial. Dan jumlah produksi bioethanol terendah yaitu 3.945 ton yang terdapat pada PSA Palimanan.

### 1.3.3 Perhitungan Kebutuhan Bioetanol di Indonesia

Penentuan kapasitas produksi didapat dari data pendukung seperti data pertumbuhan produksi, konsumsi, ekspor dan impor suatu produk. Kapasitas produksi pabrik bioetanol yang direncanakan beroperasi pada tahun 2025 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 dicari

m<sub>3</sub> = peluang kapasitas

m<sub>1</sub> = prediksi data produksi

m<sub>2</sub> = prediksi data impor

m<sub>4</sub> = prediksi data konsumsi

m<sub>5</sub> = prediksi data ekspor

Data pendukung yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan bioetanol di Indonesia adalah data produksi, konsumsi, ekspor dan impor bioetanol di Indonesia pada tahun 2014-2019.

Tabel 1.8 Data Jumlah Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor Bioetanol Di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)			
	Produksi	Konsumsi	Ekspor	Impor
2014	159.378	106.515	52.863	1.578
2015	161.745	107.304	56.019	363
2016	161.745	108.093	50.496	1.578
2017	153.855	108.093	124.662	3.945
2019	153.855	109.671	37.083	789

Sumber: USDA GAIN (2022)

Dari data jumlah produksi, konsumsi, ekspor dan impor produk bioetanol di Indonesia, nilai pertumbuhan rata-rata per tahun dapat dihitung sesuai dengan rumus (3), seperti yang tertera pada tabel 1.9 dan tabel 1.10.

Tabel 1.9 Pertumbuhan Produksi dan Konsumsi Bioetanol Di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)		%P	
	Produksi	Konsumsi	Produksi	Konsumsi
2014	159.378	106.515	-	-
2015	161.745	107.304	1,49	0,74
2016	161.745	108.093	0,00	0,74
2017	153.855	108.093	-4,88	0
2019	153.855	109.671	0	1,46
	<b>i</b>		<b>-0,85</b>	<b>0,71</b>

Tabel 1.10 Pertumbuhan Ekspor dan Impor Bioetanol Di Indonesia

Tahun	Jumlah (ton/tahun)		%P	
	Ekspor	Impor	Ekspor	Impor
2014	52.863	1.578	-	-
2015	56.019	363	5,97	-77,00
2016	50.496	1.578	-9,86	334,78
2017	124.662	3.945	146,88	150,00
2019	37.083	789	-70,25	-80,00
	<b>i</b>		<b>18,18</b>	<b>81,95</b>

Nilai prediksi data produksi, impor, konsumsi dan ekspor pada tahun 2025 dapat dicari dari data pertumbuhan rata-rata per tahun menggunakan rumus (4).

$$\begin{aligned}
 m_1 &= P (1 + i)^a \\
 &= 153.855 (1 - 0,0085)^6 \\
 &= 146.188,96 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

$$m_2 = P (1 + i)^a$$

$$= 789 (1 + 0,8195)^6$$

$$= 28.623, \text{ ton/tahun}$$

$$m_4 = P (1 + i)^a$$

$$= 109.671 (1 + 0,0073)^6$$

$$= 114.590,22 \text{ ton/tahun}$$

$$m_5 = P (1 + i)^a$$

$$= 37.083 (1 + 0,1818)^6$$

$$= 101.043,76 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga peluang kapasitas produksi pada tahun 2025 adalah

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$= (114.590,22 + 101.043,76) - (146.188,96 + 28.623,79)$$

$$= 215.633,98 - 174.812,75$$

$$= 40.821,24 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas pabrik bioetanol yang akan didirikan diambil 30% dari peluang yakni:

$$\text{Kapasitas pra rancangan pabrik} = 30\% \times 40.821,24 \text{ ton/tahun}$$

$$= 12.246,37067 \text{ ton/tahun}$$

Dari data dan hasil perhitungan pra rancangan pabrik bioetanol ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 12.000 ton/tahun, sesuai data pada tabel 1.7 kapasitas tersebut telah memenuhi kapasitas ekonomis.

#### **1.4 Penentuan Lokasi Pendirian Pabrik**

Untuk menentukan lokasi pendirian suatu pabrik, perlu diperhatikan beberapa pertimbangan yang dapat menentukan keberhasilan dari pabrik tersebut, baik dalam produksi maupun distribusinya. Banyak faktor yang perlu

dipertimbangkan penentuan lokasi tersebut, salah satunya adalah dasar orientasi bahan baku dan dasar orientasi pasar karena hal ini bersifat ekonomis.

Pabrik bioetanol ini direncanakan terletak di daerah Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Ketersediaan bahan baku

Sumber bahan baku merupakan faktor paling penting dalam menentukan lokasi pabrik. Menurut data BPS Sulawesi Selatan (2021) produksi padi terbesar berada di Kabupaten Bone 817.823,30 ton. Karena padi dapat diperoleh dari wilayah tersebut sehingga akan menguntungkan dalam hal pembelian bahan baku.

2. Sarana transportasi

Produk bioetanol dapat dengan mudah didistribusikan dan dipasarkan. Dalam hal ini, Sulawesi Selatan merupakan salah satu daerah kawasan industri, yang tentunya memiliki jalur transportasi darat dan laut yang memadai.

3. Penyediaan tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil tentunya diperlukan dalam industri. Bone memiliki kepadatan penduduk yang cukup tinggi sehingga tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah Bone dan sekitarnya di provinsi Sulawesi Selatan.

4. Penyediaan utilitas

Utilitas seperti air dan listrik cukup tersedia, air dapat dipasok dari sungai. Sementara itu, untuk kebutuhan listrik diperoleh dari sumber pembangkit listrik PT. PLN di Bone maupun pembangkit listrik swasta yang ada di kawasan industri.

## **BAB XI**

### **KESIMPULAN**

Pra rancangan pabrik bioetanol dari jerami padi mempunyai keuntungan mengingat produk dari bioetanol banyak sekali manfaatnya, salah satunya sebagai pengganti bahan bakar minyak. Dari segi ekonomis, pra rancangan pabrik bioetanol dari jerami padi cukup menguntungkan dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Kapasitas produksi : 12.000 ton/tahun
2. Lokasi pabrik : Kab. Bone, Sulawesi Selatan
3. Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
4. Jumlah tenaga kerja : 122 orang
5. Masa konstruksi : 2 tahun
6. Investasi total : Rp 223.653.094.066,74
7. Hasil penjualan per tahun : Rp 218.639.472.480,00
8. *Return of investment* : 28,29%
9. *Break even point* : 41,87%
10. *Pay out time* : 2,61 tahun

Dari hasil tersebut diatas maka pra rancangan pabrik kimia dari jerami padi ini layak untuk ditindak lanjuti oleh investor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Azizah, Nurul. 2018. *Prarancangan Pabrik Bietanol dari Tongkol Jagung Kapasitas 4000 Ton/Tahun*. Makassar : Universitas Muslim Indonesia.
- Azzamy. 2020. "Klasifikasi Dan Morfologi Padi." *Mitalom*.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Data Produksi Padi Di Sulawesi Selatan*.
- Badger. 2002. "Ethanol From Cellulose: A General Review". *Trends in new crops and new uses*. 17-21.
- Badruddin, Ubad. 2011. "Teknologi Amoniasi Untuk Mengolah Limbah Jerami Padi Sebagai Sumber Pakan Ternak Bermutu Di Desa Pabuaran Kecamatan Bantarbolang Kabupaten Pemalang." *ABDIMAS*. 15(1):52–58.
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operations*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Brownell, L. E. and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Budiyanto, M. A. K. 2011. "Peranan Jamur Ragi *Saccharomyces Cerevisiae* Sebagai Fermentasi Roti." *Wordpress.Com*.
- Chohey, N. P. 2003. *Handbook of Chemical Calculations*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F. 1999. *Chemical Engineering*. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Farissa. 2019. "5 Alasan Bioetanol Menjadi Bahan Bakar Ideal Pembakaran Pada Mesin." *Kompasiana Beyond Blogging*.
- Fauzi, A. Rachman, Didik Haryadi, and Slamet Priyanto. 2012. "Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Efektivitas Adsorben Dalam Pembuatan Bioetanol Fuel Grade Dari

- Limbah POD Kakao (*Theobroma Cacao*).” *Teknologi Kimia Dan Industri*. 1(1):179–85.
- Federal Register. 2012. “Ethyl Alcohol, 95% v/v.” *Val Tech Diagnostics Inc*. 77(58):1–12.
- Fessenden, J. K., and S. J. Fessenden. 1992. *Kimia Organik 3<sup>rd</sup> ed*. Bandung: Erlangga.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Gumbira, Said. 1984. *Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi*. Jakarta : Mediatama Sarana Perkasa.
- Hamelinck, Carlo N., Geertje van Hooijdonk, and André P. C. Faaij. 2005. “Ethanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-Economic Performance in Short-, Middle- And Long-Term.” *Biomass And Bioenergy*. 28:384–410.
- Hayuningtyas, Sri Kusumastuti, Sunarto, And Siti Lusi Arum Sari. 2014. “Produk Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza Sativa*) Melalui Hidrolisis Asam Dan Fermentasi Dengan *Saccharomyces Cerevisiae*.” *Bioteknologi*. 11(1):1–4.
- Hidayati, Nur, And Grazeila Dinda Dwi Puspita. 2017. *Pabrik Bioetanol Dari Molase Melalui Fermentasi Dengan Pemurnian Distilasi Dan Adsorpsi*. Surabaya: Insyitut Teknologi Sepuluh November.
- Info Sulsel. 2022. *Data Produksi Padi Di Sulawesi Selatan*.
- Junaidi, A. B. 2012. *Kajian Ekspor Biodiesel Dan Bioetanol Berbasis Mikroalga Secara Simultan*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Karimi, K., S. Khaeradmandinia, and M. J. Taherzadeh. 2006. “Conversion of Rice Straw to Sugars by Dilute-Acid Hydrolysis.” *Biomass and Bioenergy*. 30:247–53.
- Kemenperin. 2020. *Bahan Kesiapan Industri Dalam Negeri Pada Penanganan Covid-19*.
- Kemmer, Frank N. 1988. *The Nalco Water Handbook*. 2nd ed. New York: The Mc Graw-Hill. Inc.

- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Tokyo: McGraw-Hill Book Company Japan, Ltd.
- Kim, Seungdo, and Bruce E. Dale. 2004. "Global Potential Bioethanol Production from Wasted Crops and Crop Residues." *Biomass and Bioenergy*. 26:361–75.
- Kirk, R. E., and D. F. Othmer. 1980. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York: John Wiley and Sons Inc. .
- Kuu, Wei-Youh. 1982. *Fermentation Kinetics for the Production of Ethanol by Immobilized Yeast Cells (Biomass)*. Louisiana: LSU Historical Dissertations and Theses.
- Maloney, James O. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> ed.* New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- McCabe, W.L, Smith, J.C. and Harriott, P. *Unit Operations of Chemical Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- McKetta. 1983. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. New York: Marcell Decker Inc.
- Oriez, V., Peydecastaing, J. and Pontalier, P. Y. 2020. "Lignocellulosic Biomass Mild Alkaline Fractionation And Resulting Extract Purification Processes: Conditions, Yields And Purities." *Clean Technol.* 2:91-115.
- Perry, R.H. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook 7<sup>th</sup> ed.* New York: Mc Graw-Hill. Inc
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. and West, R. E. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: Mc Graw-Hill. Inc
- Powell, Sheppard T. 1954. *Water Conditioning for Industry*. New York: The Mc Graw-Hill. Inc.
- Putro, Firman Asto, and Yohannes Sigit Kurniawan. 2012. *Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Etanol Dari Molase Dengan Proses Fermentasi Kontinyu Kapasitas 5.000 Kiloliter/Tahun*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Reid, R.C., Prausnitz, J. M and Sherwood, T. K. 1977. *The Properties of Gases and Liquids*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Rocha, G. J. M., A. R. Gonçalves, B. R. Oliveira, E. G. Olivares, and C. E. V. Rossell. 2012. “Steam Explosion Pretreatment Reproduction and Alkaline Delignification Reactions Performed on a Pilot Scale with Sugarcane Bagasse for Bioethanol Production.” *Industrial Crops and Products*. 35:274–79.
- Salsabilla, A. L. dan Fahrurroji, I. 2021. Hidrolisis pada Sintesis Gula Berbasis Pati Jagung. *Edufortech*. 6(1):32-38.
- Sarwono, R., Triwahyuni, E., Aristiawan, Y., Kurniawan, H. H., and Anindyawati, T. 2014. “Cellulose Conversion of Oil Palm Empty Fruit Bunch (EFB) Into Ethanol”. *Jurnal Selulosa*. 4(1):1-6.
- Satria, W. 2016. *Proses Delignifikasi Dan Hidrolisis Lignoselulosa Ampas Tebu Menggunakan System Cairan Ionic Kolin Klorida*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Seader, J. D. and Henley, E. J. 2006. *Separation Process Principles*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Siswanto. 2009. *Prarencana Pabrik Bietanol dari Tongkol Jagung*. Surabaya : Universitas Katolik Widya Mandala Madiun.
- Sugandi, W. K., Zaida and Maulida, D. 2018. “Rekayasa Mesin Pencacah Jerami Padi”. *Jurnal Agrikultura*. 29(1): 9-18.
- Supriyanto. 2006. “Prospek Pengembangan Industri Bioetanol Dari Ubi Kayu.” *Puslitbang Tanaman Pangan Bogor*. 88–95.
- Taherzadeh, Mohammad J., and Keikhosro Karimi. 2007. “Acid-Based Hydrolysis Processes For Ethanol From Lignocellulosic Materials: A Review.” *BioResources*. 2(3):472–99.

- Taslim, M., Mailoa, M., dan Rijal M. 2017. “Pengaruh pH, dan Lama Fermentasi Terhadap Produksi Ethanol Dari Sargassum Crassifolium”. *Jurnal Biology Science & Education* 2017. 6(1):13-25.
- Taufany, Fadlilatul, Nonot Soewarno, Koko Yuwono, Dimas Ardiyanta, Melvina Eliana, and Indi Raisa Girsang. 2015. “Feed Plate and Feed Adsorbent Temperature Optimisation of Distillation – Adsorption Process to Produce Absolute Ethanol.” *Modern Applied Science*. 9(7):140–47.
- Towler, G. and Sinnott, R. 2008. *Chemical Engineering Design*. California: Butterworth-Heinemann.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- USDA GAIN. 2022. *Biofuels Annual*. Jakarta.
- Wallas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Washington: Butterworth-Heinemann.
- [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com) diakses pada 3 September 2022.
- [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id) diakses pada 3 September 2022.
- [www.chemengonline.com](http://www.chemengonline.com) diakses pada 3 September 2022.
- [www.matche.com](http://www.matche.com) diakses pada 3 September 2022.
- [www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com) diakses pada 3 September 2022.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: The McGraw-Hill Companies.

