

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI PADI MELALUI PROSES FERMENTASI DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

Rolando Indra Prana Sitorus ^{1)*}

1) Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Jenderal Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

*E-mail: rolandoindra@gmail.com

Abstrak

Etanol merupakan bahan yang multi fungsi dan dapat digunakan pada hampir semua bidang industri. Etanol umumnya digunakan pada industri kosmetik, cat, farmasi, industri minuman berkarbonasi, kebutuhan rumah sakit dan lainnya. Perkembangan di bidang industri merupakan suatu hal yang sangat penting dan berpengaruh terhadap ketahanan ekonomi Indonesia. Sektor industri kimia banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Etanol dapat diproduksi dari berbagai bahan, salah satunya adalah jerami padi. Namun, etanol yang diproduksi dari jerami padi jumlahnya masih sedikit dan kebanyakan masih berskala industri kecil. Jerami padi merupakan hasil samping dari produksi padi menjadi beras yang terdapat dalam setiap pabrik beras yang ada.

Pembuatan bioetanol pada pabrik ini menggunakan proses delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi. Glukosa hasil proses hidrolisis selulosa difermentasi di dalam bioreaktor (fermentor) selama kurang lebih 36 jam dan melalui tahap pemurnian hingga diperoleh etanol dengan kadar 98,5%. Etanol berbahan baku dari jerami padi dengan kapasitas 6.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan pada tahun 2026.

Kata kunci: etanol, fermentasi, jerami padi, glukosa, xylosa, destilasi

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang, salah satunya di sektor pembangunan. Perkembangan di bidang industri merupakan suatu hal yang sangat penting dan berpengaruh terhadap ketahanan ekonomi Indonesia. Sektor industri kimia banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan produk luar negeri dan untuk menambah devisa negara sangat diperlukan. Belakangan ini sedang digalakkan bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil yang ketersediannya semakin menipis (Muliapakarti, 2011; Pratiwi, 2011). Bioetanol adalah salah satu bahan bakar alternatif yang sedang dikembangkan dan dikenal sebagai bahan bakar ramah lingkungan dikarenakan bersih dari emisi. Bioetanol dapat dibuat dari berbagai macam bahan baku, salah satunya adalah dari jerami padi.

Lignoselulosa adalah komponen organik di alam yang berlimpah dan terdiri dari tipe polimer, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen ini merupakan sumber penting untuk menghasilkan produk bermanfaat seperti gula dari proses fermentasi, bahan kimia dan bahan bakar cari. Lignoselulosa dapat diperoleh dari bahan kayu, jerami, rumput-rumputan, limbah pertanian/hutan, limbah industri (kayu, kertas) dan bahan berserat

lainnya. Kandungan dari ketiga komponen lignoselulosa bervariasi tergantung dari jenis bahannya. Sebagai contoh, kandungan selulosa pada kayu berkisar antara 45% dari berat kering yang merupakan polimer rantai panjang polisakarida karbohidrat 1,4- β -D-glukosa. Selulosa yang merupakan komponen utama, sangat erat berasosiasi dengan hemiselulosa dan lignin. Kandungan hemiselulosa yang merupakan polimer dari kompleks karbohidrat terdapat sekitar 25-30% (Pérez dkk., 2002).

Data dari Badan Pusat Statistika (BPS) menyebutkan bahwa produksi beras nasional pada tahun 2006 kurang lebih sebanyak 54,7 juta ton dari 11,9 juta ha sawah. Berdasarkan data dari Moiorella maka jumlah jerami diperkirakan menjadi 54,7 sampai 82,05 juta ton (OD) jumlah yang sangat besar (Isroi dan Yuliarti, 2009).

Tabel 1.1 Nilai Ekspor Etanol di Indonesia (BPS, 2021).

Tahun	Ekspor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2016	55.829,006	0
2017	50.426,601	-21,363
2018	49.660,749	-1,518
2019	54.788,455	10,325
2020	32.308,863	-41,029
Rata-rata		-8,38



Tabel 1.2 Nilai Impor Etanol di Indonesia (BPS, 2021).

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2016	1.732,440	0
2017	3.797,830	119,218
2018	818,928	-78,436
2019	487,426	-40,480
2020	19.812,759	3964,772
Rata-rata		793,014

Berdasarkan data di atas maka dapat ditentukan jumlah konsumsi bioetanol pada tahun 2024 menggunakan perhitungan discounted method dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Keterangan: F= Nilai pada tahun ke-n (ton)
 P= Besarnya data pada tahun sekrang (ton/tahun)
 I= Kenaikan data rata-rata (%)
 n= Selisih tahun (tahun ke-n)

Pabrik Bioetanol direncanakan akan didirikan pada tahun 2026. Perkiraan konsumsi pada tahun 2026 (M_5):

$$\begin{aligned} \text{Jumlah impor pada tahun 2026} &= P(1+i)^n \\ &= 19.812,759 (1+ 793,014\%)^{2026-2020} \\ &= 19.812,759 (1+ (793,014/100))^6 \\ &= \mathbf{10.048.403.885,983 \text{ Ton } (M_1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah ekspor pada tahun 2026} &= P(1+i)^n \\ &= 32.308,863 (1+ (-8,38\%)^{2026-2020}) \\ &= 32.308,863 (1+ (-8,38/100))^6 \\ &= \mathbf{19.110,17642 \text{ Ton } (M_4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah konsumsi pada tahun 2026} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= 126.002.658,266 \text{ Ton} + 211.263,61 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{10.048.701.925,663 \text{ Ton } (M_5)} \end{aligned}$$

Dalam penentuan kapasitas pabrik dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

Dimana:

- M_1 = Volume impor dalam negeri (Ton)
- M_2 = Volume produksi dalam negeri (Ton)
- M_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan (Ton)
- M_4 = Volume ekspor (Ton)
- M_5 = Volume konsumsi tahun 2024 (Ton)

Maka,

$$\begin{aligned} M_3 &= (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2) \\ &= (19.110,1764 + 10.048.701.925,663) - \\ &= (10.048.403.885,983 + 211.263,61) \\ &= 19.110,176 \text{ Ton} \\ &= 20.000 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dikarenakan produksi bioetanol hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maka diambil sekitar 30% dari nilai M_3 yang diperoleh. Sehingga besar kapasitas pabrik bioetanol yang akan didirikan adalah sebesar 6.000 ton/tahun.

2.1 Uraian Proses

Perbandingan uraian proses dalam pembuatan etanol dapat di lihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Perbandingan proses Pembuatan Etanol (Faith dkk., 1961)

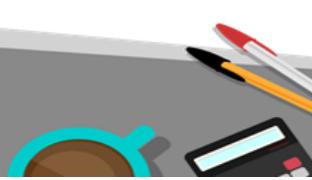
No	Parameter	Proses		
		Fermentasi	Catalytic Hydration of Ethylene Process	Sulfuric Acid Hydration Etylene Process
1.	Teknis			
	a. Temperatur	30 °C	300 °C	300 °C
	b. Tekanan	1 atm	69-78 atm	9-35 atm
	c. Yield	95%	95%	95%
	d. Bahan Baku	Jerami Padi	Etilen	Etilen dan Asam Sulfat
	e. Waktu	36 jam	2 jam	1,5 jam
	f. Konversi	96 %	95 %	95 %
2.	Ekonomi			
	a. Harga Bahan Baku	Jerami Padi = Rp.300.000/ton	Ethylene = Rp.70.485 /kg	Ethylene dan Asam sulfat = Rp.167.985 /kg
3.	Lingkungan	Bahan baku berasal dari bahan nabati yang mudah diperoleh	bahan baku berasal dari gas alam yang ketersediannya terbatas	bahan baku berasal dari gas alam yang ketersediannya terbatas
	Limbah Reaksi	- CO ₂ - Biomassa	- Metana - CO ₂	- CO ₂

Berdasarkan proses pembuatan etanol yang telah diuraikan di atas maka dipilih proses secara fermentasi. Pertimbangan pemilihan proses ini adalah:

1. Aspek teknis, dimana menggunakan temperatur dan tekanan operasi yang rendah dengan suhu 30-32°C dan tekanan 1 atm serta menghasilkan konversi sebesar 96%.
2. Aspek ekonomi, harga bahan baku produk terbilang murah dan bahan baku berasal dari bahan nabati yang mudah diperoleh. Dipertimbangkan pabrik ini adakan dibangun di daerah Jawa Timur dikarenakan jumlah produksi padi per tahun yang cukup besar sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bahan baku jerami padi.
3. Limbah lingkungan, limbah (produk samping) yang dihasilkan hanya sedikit berupa CO₂ dan biomassa yang dapat dikelola menjadi pembuatan pupuk.

2.6 Uraian Proses

Uraian proses pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:



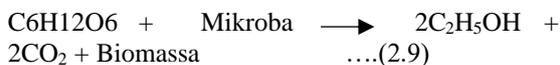
1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Proses Fermentasi
3. Tahap Pemurnian (Distilasi)

2.6.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku berupa jerami padi dilakukan agar mendapatkan glukosa dan *xylosa*. Tahap persiapan bahan bagi terbagi atas 2 yaitu delignifikasi dan hidrolisis. Tahap delignifikasi akan menghasilkan selulosa dan hemiselulosa kemudian selulosa dan hemiselulosa akan dihidrolisis sehingga menghasilkan glukosa dan xilosa yang diperlukan untuk pembuatan bioetanol nantinya.

2.6.3 Tahap Proses Fermentasi

Larutan sirup gula dipompakan dari tangki penyimpanan menuju fermentor untuk difermentasi menggunakan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* yang berfungsi sebagai katalis dan membantu proses fermentasi anaerob pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Waktu untuk proses fermentasi berlangsung selama 36 jam. Reaksi yang terjadi di dalam fermentor adalah sebagai berikut:



Menurut (Winarno, Fardiaz dkk., 1980) Fermentor dikondisikan dengan pH *range* sekitar 4-5 agar proses fermentasi mencapai hasil yang optimum.

2.6.4 Tahap Pemurnian (Distilasi)

Setelah difermentasi selama 36 jam, campuran dari fermentor kemudian dilewatkan melalui *Rotary Drum Vacuum Filter II* untuk memisahkan fraksi padat dan cair. Selanjutnya campuran etanol dan air yang sudah terpisah dari padatnya akan dipompakan lagi menuju menara distilasi untuk memisahkan etanol dengan air sehingga diperoleh etanol dengan kadar 69,2% (kondisi azeotrop). Selanjutnya etanol dari menara distilasi didinginkan menggunakan *cooler* hingga suhu 30°C untuk dimurnikan lagi menggunakan *absorber* dengan cara mendehidrasi air sehingga mencapai batas kemurniannya 98,5%. Etanol yang keluar dari *absorber* kemudian dipompakan dan disimpan di dalam tangki penyimpanan Etanol dengan 30°C dan tekanan 1 atm.

3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang utama untuk memperlancar jalannya proses produksi pada suatu pabrik. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarannya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Berdasarkan kebutuhannya, utilitas pada pabrik bioetanol ini meliputi:

1. Unit Pengolahan Air
2. Unit Penyedia Uap (*steam*)
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyedia Bahan Bakar
5. Unit Pengolahan Limbah

Keperluan air proses pada produksi dalam unit utilitas pabrik pembuatan bioetanol sebanyak 97472,85 kg/jam, dengan memperhitungkan *safety factor* juga *losses*, maka diperlukan jumlah air proses yang diperlukan 10% lebih banyak terhadap kebutuhan normal. Oleh karena itu total media pendingin yang diperlukan sebanyak: 107.220,135 kg/jam, Kebutuhan unit penyedia *steam*, pada pabrik pembuatan bioetanol adalah 21.146,90 kg/jam. Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebab terjadi evaporasi dan *losses*, maka diperlukan jumlah umpan untuk keperluan *steam* yang perlu disediakan 10% lebih banyak terhadap kebutuhan normal. Oleh karena itu jumlah kebutuhan unit penyedia *steam* yang diperlukan sebanyak 23.261,59 L/jam. Penyedia unit listrik sebesar 974,171 kW. Listrik disuplai dari Pembangkit Listrik Generator. Unit penyedia bahan bakar digunakan untuk menggerakkan generator dan untuk bahan bakar *boiler*. Bahan bakar ini diperoleh dari Pertamina. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, diperlukan untuk kebutuhan generator sebanyak 9,12 liter/jam dan boiler sebanyak 267,79 liter/jam.

5. Hasil Evaluasi Ekonomi

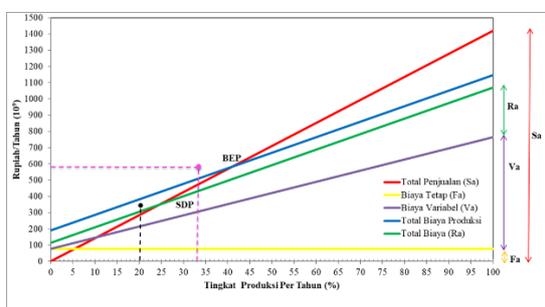
Evaluasi ekonomi diperlukan untuk mengetahui kondisi pabrik yang dibangun akan menghasilkan keuntungan atau kerugian. Dari aspek ekonomi, kondisi suatu pabrik dapat dinilai sehat ketika mampu menjalankan kewajiban finansial baik di dalam maupun di luar serta mampu memberikan keuntungan yang baik bagi perusahaan juga pemilik saham. Kewajiban finansial di dalam terdiri dari berbagai jenis kebutuhan pembiayaan produksi diantaranya keperluan bahan baku, bahan pendukung alat pendukung, *salary* karyawan, pengadaan hutang perdagangan. Sementara itu kewajiban finansial di luar diantaranya pembayaran hutang bank dan bunga bank. Adapun hasil evaluasi ekonomi prarancangan pabrik bioetanol dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut.

Tabel 5.1 Evaluasi Ekonomi Pabrik Bioetanol

Analisa	Nilai	Keterangan
ROI	3%	Baik
POT	1.14 tahun	Layak
BEP	44%	Layak
SDP	26%	Layak



ROI (return on investment) ialah persenkeuntungan yang dihasilkan dari pinjaman modal. ROI dinyatakan dalam persentase tahunan. Untuk industri kimia persentase ROI sebelum pajak 40,08% merupakan pengembalian cepat dan 13,36% pengembalian lambat. POT (pay out time) merupakan lama kurun waktu untuk pengembalian modal yang dipakai dari profit yang didapat. Perhitungan digunakan guna mengetahui berapa lama kurun waktu terhadap modal yang sudah dipinjamkan untuk dikembalikan ke pemilik modal. POT untuk industri kimia dengan pengembalian cepat selama 2 tahun dan pengembalian lambat selama 5 tahun. Break Even Point (BEP) merupakan kondisi tidak mendapat profit dan kerugian (kondisi industri memerlukan dan mendapatkan produksi biaya dengan jumlah yang sama). Dari nilai break even point bisa mengetahui kondisi berapa harga penjualan dengan total komponen yang dipasarkan sekurang-kurangnya dan jumlah harga komponen terjual yang dapat tercapai untuk mendapatkan profit. Shut down point merupakan suatu kondisi dalam menenukan suatu aktivitas dalam memproduksi mesti diberhentikan sebab kondisi lebih murah menghentikan operasi pada pabrik dan melakukan pembayaran Fixed Expense (Fa) daripada tetap memproduksi. Sebab utama diantaranya adalah variable cost yang sangat meningkat, atau disebabkan oleh kebijakan manajemen berakibat dengan tidak ekonomisnya operasi produksi (tidak mendapatkan profit). SDP disebabkan oleh variable cost yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen. Grafik evaluasi ekonomi prarancangan pabrik bioetanol dalam **Grafik 5. 1** dibawah.



Grafik 5. 1 BEP dan SDP Prarancangan Pabrik Bioetanol

6. Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan pada Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Jerami Padi melalui Proses Fermentasi Kapasitas 6.000 Ton/Tahun diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas rancangan pabrik direncanakan 6.000 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 151 orang.
4. Pabrik terletak di daerah Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur.
5. Analisa ekonomi:
 - Modal investasi : Rp7.017.950.046.931,8
 - Biaya produksi : Rp11.013.425.138.252,60
 - Hasil penjualan : Rp21.501.651.945.339,50
 - Laba sebelum pajak : Rp10.233.413.453.156,5
 - Laba sesudah pajak : Rp6.651.718.744.551,74
 - Profit on sales sebelum pajak : 47,59%
 - Profit on sales sesudah pajak : 30,94%
 - Return of investment sebelum pajak : 4 %
 - Return of investment sesudah pajak : 3 %
 - Pay out time sebelum pajak : 0,74 tahun
 - Pay out time sesudah pajak : 1,14 tahun
 - Net present value ratio : 13,3761
 - Interestrate of return : 21,35 %
 - Break event point : 44%
 - Shut down point : 26 %

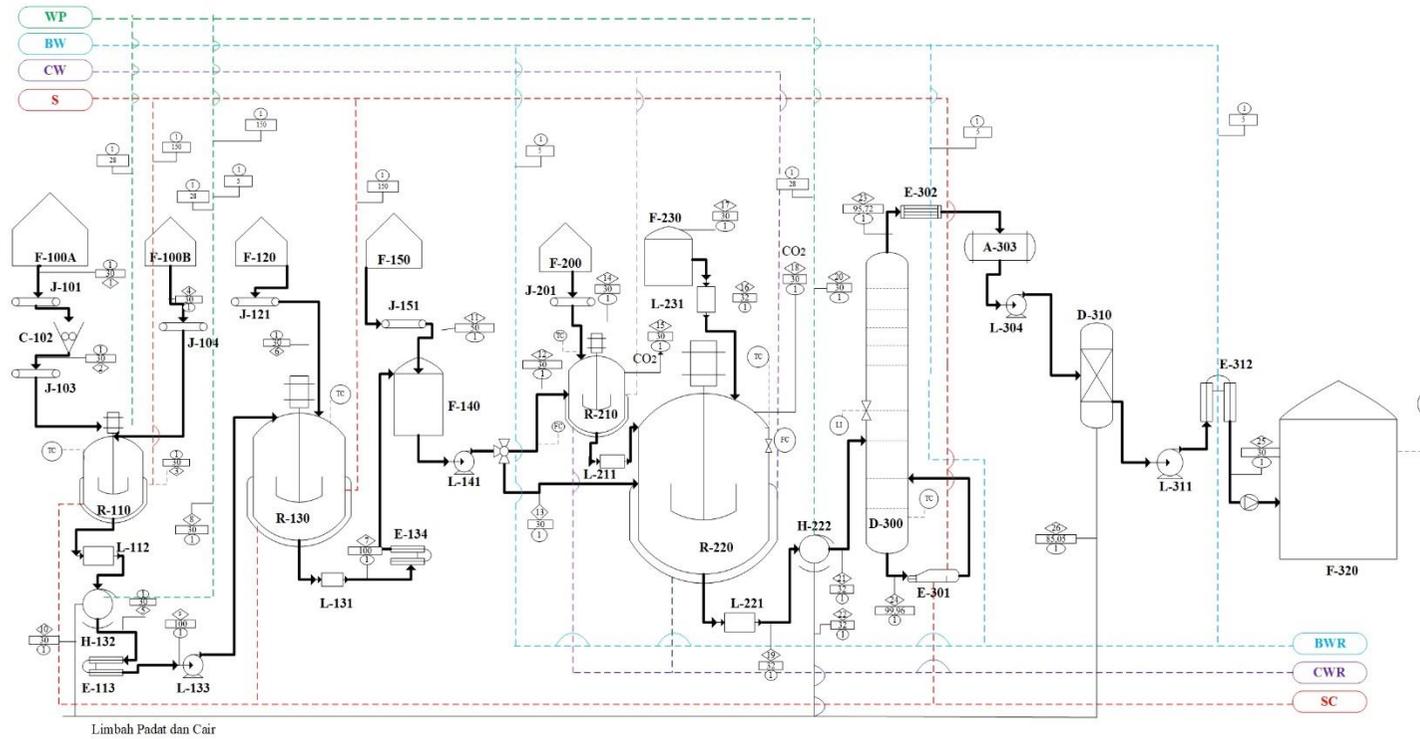
Dari hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Bioetanol ini bisa dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan.

Daftar Pustaka

- Agromaret. Januari 2022. www.agromaret.com
- Badger, P. (2002): Ethanol from Cellulose: a General Review. *Trends in new crops and new uses*. 14. 17-21
- Bird, R. B., Stewart, W. E. dan Lightfoot, E. N. (2002): Transport Phenomena. 2nd Edition. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. (1959): Process Equipment Design. John Wiley and Sons Inc. New York
- BPS. (2021): *Badan Pusat Statistik*.
- Cannella, W. J. (2000): Xylenes and ethylbenzene. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
- Chen, S.-S. (2006): Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Volume 23 Fifth Edition. John Wiley and Sons Inc. New Jersey
- Cracolice, M. S. dan Peters, E. I. (2016): Introductory Chemistry : An Active Learning Approach 6th Edition. Cengage Learning. Boston
- Dimian, A. C., Bildea, C. S. dan Kiss, A. A. (2019): Styrene Manufacturing. 443481
- Dogra, S. (1990): Kimia Fisika dan Soal-Soal UI Press. Jakarta



PROCES ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI PADI MELALUI PROSES FERMENTASI
DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN



Keterangan			
Aliran Proses		Aliran Proses	
CW	Cooling Water	◇	Notasi Aliran
S	Steam	□	Suhu (C)
CWR	Cooling Water Return	○	Tekanan (atm)
FW	Flow Water	⊕	Bahan Baku
Produk	Produk	⊖	Produk
Temp	Temperature	⊖	Level Indikator
IC	Indicator Control	⊖	Level Indikator
PC	Process Indicator Control	⊖	Flow Control

38	F-100	TANGKI ETANOL	1
37	F-101	POMPA COOLER 1	1
36	F-102	COOLER 2	1
35	L-101	POMPA ADSORBER	1
34	D-101	MOLLEKULAR SIEVE ADSORBER	1
33	L-101	POMPA REAKTOR	1
32	A-101	AKUMULATOR	1
31	F-102	KONDENSOR	1
30	F-103	REFRIGER	1
29	D-300	MENARA DISTILASI	1
28	H-222	REFLEKSI DUMPUKUM FILTER 1	1
27	L-221	POMPA FERMENTOR	1
26	R-220	FERMENTOR	1
25	L-211	POMPA TANGKI STARTER	1
24	R-210	TANGKI STARTER	1
23	L-141	POMPA SRETUGULA	1
22	F-140	TANGKI SRETUGULA	1
21	F-134	COOLER 2	1
20	H-132	REFLEKSI DUMPUKUM FILTER 1	1
19	L-131	POMPA REAKTOR HIDROLISIS	1
18	R-130	REAKTOR HIDROLISIS	1
17	F-113	COOLER 1	1
16	L-112	POMPA REAKTOR	1
15	R-110	REAKTOR HIDROLISIS	1
14	E-111	HEATER	1
13	L-101	POMPA LIFT/FLAM	1
12	F-230	TANGKI ANTI-FLAM	1
11	A-311	BELI CONVEYOR 1	1
10	F-300	GEDANG HANGI	1
9	F-211	BELI CONVEYOR 1	1
8	F-120	BLOKEM SELULASE	1
7	J-101	BELI CONVEYOR 2	1
6	F-100	BLOKEM	1
5	J-101	BELI CONVEYOR 2	1
4	F-100B	GEDANG NABE	1
3	J-101	BELI CONVEYOR 1	2
2	C-102	CRACKER	1
1	F-100A	GEDANG JERAMI PADI	1
No	Kode	Nama Alat	Zemah

Dibuatkan Oleh:

Erikhita Julia Prati Siregar (1710010210014)

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Mubti Ham, ST, M. Sc., Ph.D
 NIP.1974012100121001

FLOW SHEET
 PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL
 DARI JERAMI PADI MELALUI PROSES FERMENTASI
 DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAMPUNG MANGKURAT
 BANDARBARU
 2022

Komponen	Neraca Massa (kg/jam)																										
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Arus 20	Arus 21	Arus 22	Arus 23	Arus 24	Arus 25	Arus 26	
Abu	1173,920	1173,920	-	-	1173,920	-	1173,920	-	-	1173,920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selulosa	3333,827	3333,827	-	-	3333,827	-	1466,884	-	-	1466,884	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemiselulosa	2752,822	2752,822	-	-	2752,822	-	1211,242	-	-	1211,242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lignin	3988,945	3988,945	-	-	3288,207	-	3288,207	-	-	3288,207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na-Ligninat	-	-	-	-	786,384	-	786,384	-	-	786,384	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH	-	-	-	72,791	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H2O	1985,208	1985,208	-	-	5539,111	-	5121,458	-	7066,475	45,575	7066,475	-	353,324	6713,152	-	-	353,324	-	-	7066,475	-	7609,643	20,271	338,015	7285,283	4,488	
Air Proses	-	-	3566,758	-	-	-	-	1990,593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	563,438	-	-	-	-	-
Selulase	-	-	-	-	-	35,734	35,734	-	-	35,734	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glukosa	-	-	-	-	-	-	2074,381	-	2055,921	18,460	2055,921	-	102,796	1953,125	-	-	2,632	-	-	64,406	-	-	64,406	-	-	-	-
Xilosa	-	-	-	-	-	-	1751,796	-	1736,207	15,589	1736,207	-	86,810	1649,397	-	-	86,810	-	-	1736,207	-	-	1736,207	-	-	-	-
K2HPO4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,941	0,397	7,544	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antifoam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,647	-	-	-	-	-	-	-	-
Yeast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,112	41,145	-	-	-	-	450,494	-	-	-	-	-
Yeast Mud	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450,494	-	-	-
CO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,8789	-	-	-	724,813	-	-	-	-	-	-	-	-
Etanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,283	-	-	790,042	-	787,775	2,266	753,113	34,662	753,113
Total	13234,723	13234,723	3566,758	72,791	16874,272	35,734	16910,005	1990,593	10858,604	8041,994	10858,604	7,941	543,327	10323,217	30,879	4,112	516,193	2,647	724,813	10110,271	563,438	8397,418	2276,291	1091,128	7319,945	757,601	

Gambar 5.2 Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Bioetanol



- Faith, Keyes dan Clark (1961): *Industrial Chemical 4th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York
- Fruscella, W. (2000): Benzene. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
- Geankoplis, C. J. (1993): *Transport Processes and Separation Process Principle*. 4th Edition. Pearson Education International. New Jersey
- Hadi, S., Thamrin, T., Moersidik, S. S. dan Bahry, S. (2013): Karakteristik dan Potensi Bioetanol dari Nira Nipah (*Nypa fruticans*) untuk Penerapan Skala Teknologi Tepat Guna. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 7. 223-241
- Herlambang, A. (2014): Evaluasi Potensi Sumberdaya Air untuk Pengembangan Industri di Kota Bontang, Kalimantan Timur. *Jurnal Air Indonesia*. 7. 7.
- Howard, R., Abotsi, E., Van Rensburg, E. J. dan Howard, S. (2003): Lignocellulose Biotechnology: Issues of Bioconversion and Enzyme Production. *African Journal of biotechnology*. 2. 602-619
- Indoacidatama, P. (2021): *Tinjauan Kinetika Etanol*.
- Isroi dan Yuliarti, N. (2009): Kompos Cara Mudah, Murah, dan Cepat Menghasilkan Kompos. *Yogyakarta: Andi*.
- James, D. H. dan Castor, W. M. (2012): Styrene in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley Inc. Germany
- Kern, D. Q. (1965): *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company. Tokyo
- Kim, S. dan Dale, B. E. (2004): Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and bioenergy*. 26. 361-375
- Kosaric, N. (2001): Biosurfactants and their Application for Soil Bioremediation. *Food Technology and Biotechnology*. 39. 295-304
- Lin, Y. dan Tanaka, S. (2006): Ethanol Fermentation from Biomass Resources: Current State and Prospects. *Applied microbiology and biotechnology*. 69. 627-642
- Muliapakarti, R. (2011): Prarancangan Pabrik Etanol dari Singkong Kering dengan Proses Enzimatis. *UNS. Surakarta*.
- Ludwig, E. E. (1999): *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. 3rd Edition. 1. Gulf Professional Publishing. United States of America
- McMillan, G. K. dan Considine, D. M. (1999): *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook*. 5th Edition. McGraw-Hill Education. New York.
- Merck. Januari 2022. www.merck.com
- Molbase. Januari 2022. www.molbase.com
- Ozokwelu, E. D. (2000): Toluene. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
- Patnaik, P. (2003): *Handbook of inorganic chemicals*. 529. McGraw-Hill New York.
- Pérez, J., Munoz-Dorado, J., De la Rubia, T. dan Martinez, J. (2002): Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: an Overview. *International microbiology*. 5. 53-63
- Perry, R. H. (1963): *Chemical Engineers Handbook*. MC Graw Hill. Tokyo
- Pratiwi, D. B. (2011): Prarancangan Pabrik Etanol dari Singkong Kering (Gaplek) dengan Proses Enzimatis Kapasitas 140 Kl/Tahun.
- Richana. N. dan Suarni (2007): Teknologi Pengolahan Jagung. *Teknik Produksi dan Pengembangan*. P:386-409.
- Riswanto, W. M., Yenti, S. R. dan Chairul, C. Pembuatan Bioetanol dari Nira Nipah Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dengan Variasi Pemekatan Medium dan Waktu Fermentasi. Riau University.
- Samsuri, M., Gozan, M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Prasetya, B. dan Nasikin, M. (2007): Pemanfaatan Sellulosa Bagas untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase.
- Sarwono, B. dan Arianto (2003): *Manajemen Pemeliharaan Sapi Potong*. UGM. (2021): *Pusat Studi Energi*.
- Sigmaaldrich. Januari 2022. www.sigmaaldrich.com
- Sinnott, R. K. (2005): *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design*. 4th Edition. Volume 6. Elsevier Butterworth Heinemann. New York
- Smith, J. M., Van Ness, H. C. dan Abbott, M. M. (1997): *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 7th Edition. McGraw-Hill's Book Company. New York
- Timmerhaus, K. D. dan Peters, M. S. (2004): *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*. 5th Edition. John Willey and Sons Inc. New York
- Treybal, R. E. (1980): *Mass Transfer Operations*. 3rd Edition. McGraw-Hill International. Singapore
- Ulrich, G. D. (1984): *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Wiley New York.
- Walas, S. M. (1990): *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Washington DC
- Wenner, R. R. dan Dybdal, F. C. (1948): *Chemical Engineering Progress*. 44. 44.275-286
- Yaws, C. L. (1999a): *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill Company.

