

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
BIOETANOL DARI JERAMI PADI
KAPASITAS 135.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia**



Disusun oleh :

Nama : Tanti Wulan Cahya

Nama : Fahrunnisa

No. Mahasiswa : 14521141

No. Mahasiswa : 14521190

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI PADI KAPASITAS 135.000 TON/TAHUN

Kami yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Tanti Wulan Cahya Nama : Fahrunnisa

No. Mahasiswa : 14521141 No. Mahasiswa : 14521190

Yogyakarta, 15 Oktober 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian Dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat diperguna kan sebagaimana mestinya.


METERAI TEMPEL
KAS984AFF34366197
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Tanti Wulan Cahya
NIM. 14521141


METERAI TEMPEL
2A338AFF51438714
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Fahrunnisa
NIM. 14521190

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA BIOETANOL DARI
JERAMI PADI KAPASITAS 135.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Tanti Wulan Cahya Nama : Fahrunnisa
No. Mahasiswa : 14521141 No. Mahasiswa : 14521190

Yogyakarta, 08 Oktober 2018

Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sholeh Ma'mun'.

Sholeh Ma'mun , S.T., M.T., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
BIOETANOL DARI JERAMI PADI
KAPASITAS 135.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Tanti Wulan Cahya

No Mahasiswa : 14521141

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia konsentrasi Teknik Kimia
program studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 13 Oktober 2018

Tim Penguji

Sholeh Ma'mun, Ph.D.


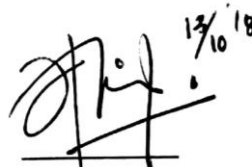
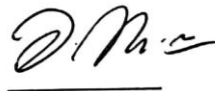
Ketua

Ariany Zulkania, ST., M.Eng

Anggota I

Muflih Arisa Adnan, ST., M.Sc

Anggota II



Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA BIOETANOL DARI JERAMI PADI KAPASITAS 135.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Fahrunnisa

No Mahasiswa : 14521190

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia konsentrasi Teknik Kimia program studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 13 Oktober 2018

Tim Penguji

Sholeh Ma'mun, Ph.D.

Ketua

Ariany Zulkania, ST., M.Eng

Anggota I

Muflih Arisa Adnan, ST., M.Sc

Anggota II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia


 Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala tauhid, rahmat dan inayah-Nya, serta Shalawat dan Salam penulis haturkan kepada baginda besar umat Islam Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabat sehingga penulis dapat memiliki pedoman hidup sebagaimana yang tertulis didalam kadungan kitab suci Al-Qur'an. *Alhamdulillahirabbil'alamiin.*

Adapun maksud dari penulisan laporan ini adalah sebagai Laporan ini disusun sebagai salah satu penilaian untuk mendapatkan gelar sarjana, serta mengetahui sejauh mana pembelajaran mahasiswa dapatkan selama kuliah. Penulis menyadari sepenuhnya keberhasilan penulisan Tugas Akhir dan penyusunannya ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan, dan bantuan berbagai pihak baik bersifat material maupun non material "spiritual". Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. **ALLAH SWT**, atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nyayang selalu ada di setiap langkah dalam memberikan kekuatan, kemampuan dan menjaga etos perjuangan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. **Kedua Orang Tuas** selalu memberi motivasi dan doa selama waktu mengerjakan Tugas Akhir.
3. **Dr. Suharno Rusdi**, selaku Kepala Jurusan Teknik Kimia yang

telah mempermudah segala urusan untuk Tugas Akhir

4. **Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.** , selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia yang telah mempermudah dan membantu lancarnya penyelesaian Tugas Akhir
5. **Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.** , selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah terus memberikan pengarahan, bimbingan dan ilmu – ilmu yang bermanfaat.
6. **Teman terdekat**, yang telah memberikan semangat, masukan dan motivasi kepada penulis untuk terus mengerjakan Tugas Akhir

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekeliruan dan kekurangan dalam tindak tanduk untuk itu penulis mohon maaf, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua semua pihak serta mendapat Ridho Allah SWT

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tinjauan Pustaka.....	5
1.2.1 Bioetanol.....	5
1.2.2 Jerami.....	6
1.2.3 Enzim.....	9
BAB II. PERANCANG PRODUK	
2.1 Spesifikasi Produk.....	12
2.1.1. Etanol.....	12
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	13
2.2.1. Jerami Padi.....	13
2.2.2. Asam Sulfat.....	14
2.2.3. Kalsium Hidroksida	15
2.2.4. Asam Fosfat.....	16

2.2.5. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	17
2.2.6. Ammonium Sulfat.....	18
2.3 Pengendalian Kualitas.....	19

BAB III. PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses.....	22
3.1.1 Persiapan Bahan Baku.....	22
3.1.2 Neraca Massa.....	25
3.1.3 Neraca Panas.....	31
3.2 Spesifikasi Alat.....	34
3.3 Perencanaan Produksi.....	66
3.3.1 Perencanaan Bahan Baku.....	73
3.3.2 Perencanaan Peralatan.....	74

BAB IV. PERANCANGAN PABRIK

4.1.Lokasi Pabrik.....	84
4.1.1. Bahan Baku	84
4.1.2. Pemasaran Produk.....	85
4.1.3. Utilitas.....	85
4.1.4. Transportasi.....	86
4.1.5. Tenaga Kerja.....	86
4.1.6. Biaya Tanah Pabrik.....	87
4.1.7. Kondisi Iklim dan Cuaca.....	87
4.1.8. Masyarakat di sekitar Pabrik.....	87

4.2.Tata Letak Pabrik.....	87
4.3.Tata Letak Mesin.....	89
4.4.Alir Proses dan Material.....	92
4.5.Pelayanan Teknis Utilitas.....	93
4.5.1. Kebutuhan Uap/ <i>Steam</i>	93
4.5.2. Kebutuhan Air.....	93
4.5.3. Kebutuhan Bahan Kimia.....	103
4.5.4. Kebutuhan Listrik.....	104
4.5.5. Kebutuhan Bahan Bakar.....	104
4.5.6. Unit Pengolahan Limbah.....	105
4.5.7. Spesifikasi Alat Utilitas.....	109
4.5.8. Spesifikasi Alat Pengolahan Limbah.....	123
4.6.Organisasi Perusahaan.....	127
4.7.Evaluasi Ekonomi.....	140
4.7.1. Modal Investasi.....	140
4.7.2. Biaya Produksi.....	142
4.7.3. Analisa Aspek Ekonomi.....	144
 BAB V. PENUTUP	
5.1.Kesimpulan.....	149
5.2.Saran.....	150
DAFTAR PUSTAKA.....	151
 LAMPIRAN A. PERHITUNGAN ALAT	

LAMPIRAN B. *PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM*

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Ekspor-impor bioetanol di Indonesia.....	6
Tabel 1.2.	Komposisi kimia bahan lignoselulosa.....	8
Tabel 2.1.	Karakteristik etanol.....	12
Tabel 2.2.	Identifikasi bahaya kimia.....	13
Tabel 2.3.	Karakteristik jerami padi.....	14
Tabel 2.4.	Karakteristik asam sulfat.....	15
Tabel 2.5.	Karakteristik kalsium hidroksida.....	16
Tabel 2.6.	Karakteristik asam fosfat.....	17
Tabel 2.7.	Karakteristik ammonium sulfat.....	18
Tabel 3.1.	Neraca massa overall.....	26
Tabel 3.2.	Neraca massa pada unit persiapan bahan baku.....	27
Tabel 3.3.	Neraca massa pada <i>vibrating screen</i>	27
Tabel 3.4.	Neraca massa pada tangki berpengaduk.....	27
Tabel 3.5.	Neraca massa pada reaktor hidrolisa.....	28
Tabel 3.6.	Neraca massa pada <i>rotaru drum vacuum filter I</i>	29
Tabel 3.7.	Neraca massa pada <i>mixer</i>	29
Tabel 3.8.	Neraca massa pada fermentor.....	30
Tabel 3.9.	Neraca massa pada <i>rotary drum vacuum filter II</i>	30
Tabel 3.10.	Neraca massa pada Menara Distilasi.....	31
Tabel 3.11.	Neraca massa pada tangki pelarutan H ₂ SO ₄	31

Tabel 3.12.	Neraca panas pada tangki berpengaduk.....	32
Tabel 3.13.	Neraca panas pada reaktor hidrolisa.....	32
Tabel 3.14.	Neraca panas pada <i>cooler</i>	32
Tabel 3.15.	Neraca panas pada <i>mixer</i>	33
Tabel 3.16.	Neraca panas pada fermentor.....	33
Tabel 3.17.	Neraca panas pada <i>heater</i>	33
Tabel 3.18.	Neraca panas pada kondenser.....	33
Tabel 3.19.	Neraca panas pada <i>reboiler</i>	34
Tabel 3.20.	Neraca panas pada <i>cooler II</i>	34
Tabel 3.21.	Nama perusahaan etanol yang beroperasi di Indonesia...	67
Tabel 3.22.	Pentahapan kewajiban bioetanol E10.....	68
Tabel 3.23.	Data komsumsi bahan bakar minyak nasional.....	68
Tabel 3.24.	Produksi padi di Indonesia.....	72
Tabel 3.25.	Produksi padi di Jawa Timur.....	72
Tabel 3.26.	Perencanaan kebutuhan bahan baku.....	73
Tabel 3.27.	Perencanaan kebutuhan peralatan proses.....	74
Tabel 3.28.	Perencanaan kebutuhan utilitas.....	76
Tabel 4.1.	Kebutuhan uap/ <i>steam</i> sebagai media pemanas.....	93
Tabel 4.2.	Kebutuhan air pendingin pada alat.....	94
Tabel 4.3.	Kebutuhan air proses pabrik bioetanol.....	95
Tabel 4.4.	Kebutuhan air.....	96
Tabel 4.5.	Jadwal kerja karyawan <i>shift</i>	135

Tabel 4.6.	Jumlah karyawan dan kualifikasi.....	136
Tabel 4.7.	Gaji karyawan.....	137
Tabel 4.8.	Modal investasi tetap.....	141
Tabel 4.9.	Modal kerja.....	141
Tabel 4.10.	Biaya produksi langsung.....	142
Tabel 4.11.	Biaya produksi tak langsung.....	143
Tabel 4.12.	Biaya produksi tetap.....	143
Tabel 4.13.	<i>General expanse</i>	143
Tabel 4.14.	<i>Fixed cost</i>	144
Tabel 4.15.	<i>Variabel cost</i>	145
Tabel 4.16.	<i>Regulated cost</i>	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Peta lokasi kabupaten Banyuwangi.....	85
Gambar 4.2. Layout pabrik bioetanol dari jerami padi.....	87
Gambar 4.3. Layout alat unit proses pabrik bioetanol.....	90
Gambar 4.4. Layout alat utilitas pabrik bioetanol.....	91
Gambar 4.5. Layout alat pengolahan limbah.....	91
Gambar 4.6. Diagram alir proses pabrik bioetanol.....	92
Gambar 4.7. Grafik BEP dan SDP.....	148

ABSTRAK

Kebutuhan bahan bakar fosil di Indonesia semakin meningkat. Sedangkan sumber bahan bakar fosil di Indonesia diperkirakan akan semakin menipis sehingga diperlukan alternatif untuk mengatasi ketersediaan jangka panjangnya. Salah satu alternatif yaitu bioetanol. Dimana produksi bioetanol di Indonesia untuk bahan bakar masih sedikit, sehingga perlu didirikannya pabrik bioetanol ini untuk mendukung ketersediaan bahan bakar. Bioetanol adalah salah satu energi terbarukan yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Pabrik bioetanol yang akan didirikan memiliki kapasitas 135.000 ton/tahun dimana dengan kemurnian bioetanol mencapai 99,8 %. Pabrik ini diharapkan mampu memenuhi 3% dari kebutuhan pasar nasional. Pembuatan bioetanol pada pabrik ini menggunakan proses delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi. Penggunaan air untuk proses dan kebutuhan air lainnya menggunakan air yang berasal dari sungai yang diolah sebelum digunakan. Lokasi pabrik direncanakan akan didirikan di kota Banyuwangi, Jawa Timur dengan luas tanah 640.000 m². Dengan mengevaluasi ekonomi pabrik bioetanol ini maka akan didapatkan, modal insvestasi total sebesar Rp 34.600.000.000.000,- dengan biaya produksi sebesar Rp 18.800.000.000.000,-. Pabrik ini menghasilkan penjualan sebesar Rp 20.000.000.000.000,- dengan keuntungan sebesar Rp 714.000.000.000.- Menghasilkan nilai *Break Event Point* sebesar 59%, *Return On Investment* sebesar 12%, *Pay Out Time* sebesar 5 Tahun dan *Discounted Cash Flow Rate* sebesar 0,06. Dari hasil evaluasi ekonomi ini dapat disimpulkan bahwa pabrik bioetanol layak untuk didirikan

Kata Kunci : bioetanol, jerami padi, hidrolisis, fermentasi

ABSTRACT

The need for fossil fuels in Indonesia is increasing. Whereas fossil fuel sources in Indonesia are estimated to be depleting so an alternative is needed to overcome its long-term availability. One alternative is bioethanol. Where the production of bioethanol in Indonesia for fuel is still small, so it is necessary to establish a bioethanol plant to support the availability of fuel. Bioethanol is a renewable energy that can be produced from plants. The bioethanol plant that will be established has a capacity of 135,000 tons / year where the purity of bioethanol reaches 99.8%. This plant is expected to be able to meet 3% of the national market needs. Making bioethanol at this plant uses a process of delignification, hydrolysis, fermentation, and distillation. The use of water for processes and other water needs uses water from the river that is processed before use. The location of the plant is planned to be established in the city of Banyuwangi, East Java with a land area of 640,000 m². By evaluating the economy of this bioethanol plant, it will get a total investment of Rp. 34,600,000,000,000 with a production cost of Rp. 18,800,000,000,000. This factory generates sales of Rp. 20,000,000,000,000, - with a profit of Rp. 714,000,000,000. - Produces Break Event Point value of 59%, Return On Investment of 12%, Pay Out Time of 5 Years and Discounted Cash Flow Rate of 0.06. From the results of this economic evaluation it can be concluded that the bioethanol plant is feasible to be established

Keywords: bioethanol, rice straw, hydrolysis, fermentation

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil semakin besar BP *Statistical review of World Eneegy* melaporkan bahwa konsumsi energi meningkat sebesar 4,3% sepanjang tahun 2005. Padahal minyak bumi merupakan sumber energi yang tak dapat diperbaharui.

Harga bahan bakar minyak yang terus meningkat dan cadangan minyak dunia yang makin terbatas telah mendorong upaya untuk mendapatkan bahan bakar alternatif (*Kerr 1998; Wheals et al. 1999; Aristidou dan Penttila 2000; Jeffries dan Jin 2000; Zaldiver et al. 2001; John 2004; Schubert 2006*).

Bioetanol dan biodiesel adalah energi alternatif yang banyak diproduksi di dunia sampai saat ini. Laporan menunjukkan bahwa produksi bioetanol dunia mengungguli produksi biodiesel karena bioetanol lebih ramah lingkungan. Brazil merupakan negara penghasil bioetanol terbesar di dunia selama dekade terakhir, walaupun produksi Amerika Serikat mendekati level produksi Brazil.

Minat untuk mendapatkan bahan bakar alternatif di Indonesia akhir-akhir ini juga meningkat, karena Indonesia adalah negara penghasil sekaligus pengimpor minyak bumi. Oleh karena itu, penelitian untuk mencari energi alternatif sangat penting untuk menopang kemandirian energi. Penggunaan energi alternatif yang berbasis biomassa sangat

strategis dikembangkan di Indonesia. Selain terbarukan, ramah lingkungan dengan kadar emisi karnondioksida rendah dan dapat meningkatkan nilai ekonomis di bidang pertanian, bahan baku energi ini mudah dijumpai dan dibudidayakan di Indonesia. Posisi Indonesia sebagai negara berkembang dengan wilayah yang luas juga menjadi faktor pendukung perkembangan energi berbasis biomassa.

Teknologi yang mengkonversi biomassa menjadi bioetanol merupakan teknologi yang mempunyai nilai ekonomi tinggi, karena dapat memanfaatkan bahan limbah sebagai bahan baku. Melalui penerapan bioteknologi, dengan penggunaan mikroba sebagai penghasil enzim, diharapkan akan diperoleh teknologi yang ramah lingkungan dibandingkan dengan proses kimiawi yang selama ini banyak dilakukan

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% (*Perez et al., 2002*).

Dari sekian banyak bahan yang tersedia di alam selain bahan berpati, bahan lignoselulosa merupakan substrat terbanyak yang belum digunakan secara maksimal. Selama ini peruntukannya banyak untuk pakan. Akan tetapi komponen bahan lignoselulosa ini sangatlah kompleks, sehingga dalam penggunaannya sebagai substrat untuk produksi bioetanol harus melalui beberapa tahapan, antara lain delignifikasi untuk melepas selulosa dan hemiselulosa dari ikatan kompleks lignin, depolimerisasi/hidrolisis untuk mendapatkan gula bebas dan fermentasi gula heksosa dan pentosa untuk mendapatkan produksi bioetanol.

Bahan baku untuk proses produksi bioetanol diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu, gula, pati dan selulosa. Sumber gula yang berasal dari gula tebu, gula bit, molase dan buah-buahan, dapat langsung dikonversi menjadi etanol. Sumber dari bahan berpati seperti jagung, singkong, kentang dan akar tanaman harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula. Sumber selulosa yang berasal dari kayu, limbah pertanian, limbah pabrik pulp dan kertas, semuanya harus dikonversi menjadi gula dengan bantuan asam mineral (*Lin and tanaka, 2006*).

Produksi bioetanol dapat dilakukan dengan menggunakan biomassa berupa gas melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan menggunakan enzim xilanase (*Samsuri, dkk, 2007*). Biokonversi

glukosa menjadi bioetanol, memerlukan perantara mikroba lain yang umumnya menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis*. Beberapa hal penting yang perlu diketahui pada proses produksi bioetanol antara lain, komponen lignoselulosa dan enzim pendegradasinya.

Sebelumnya etanol dibuat dari gula, lalu beralih ke pati-patian. Tetapi karena berkompetisi dengan pangan dan pakan, maka etanol dari gula dan pati rasanya tidak memungkinkan lagi karena kebutuhan pangan dan pakan lebih penting. Banyak dugaan, terutama dari Eropa dan Amerika, menyebutkan bahwa konversi bahan pangan/pakan menjadi etanol menjadi salah satu penyebab naiknya harga-harga pangan dan pakan.

Maka dari itu dicari sumber bahan baku alternati dan yang paling potensial adalah biomassa lignoselulosa. Lignoselulosa dipilih karena tidak berkompetisi dengan pangan maupun pakan, tersedia melimpah, murah dan terbarukan.

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. Misal produksi rata-rata beras di Jawa Timur adalah 6 ton maka jeraminya kurang lebih sebanyak 8,4 ton (berat kering). Moiorella (1985) menyebutkan bahwa setiap kg panen dapat menghasilkan 1-1,5 kg jerami padi. Data dari Moiorella rasanya lebih akurat (Isroi,2009).

Data dari 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, 2009*).

Potensi etanol dari jerami padi menurut Kim and Dale (2004) adalah sebesar 0,28 L/kg jerami. Sedangkan kalau dihitung dengan cara Badger (2002) adalah sebesar 0.20 L/kg jerami. Dari data ini bisa diperkirakan berapa potensi jerami padi di Indonesia, yaitu : berdasarkan perhitungan menurut Kim and Dale (2004) dengan menggunakan bahan baku jerami padi sebanyak 54,70 juta ton dapat menghasilkan etanol sebanyak 15,316 juta liter dan bahan baku jerami padi sebanyak 82,05 juta ton dapat menghasilkan etanol sebanyak 22,974 juta liter. Sedangkan perhitungan menurut Badger (2002) dengan menggunakan bahan baku jerami padi sebanyak 54,316 juta ton dapat menghasilkan etanol sebanyak 10,940 juta liter dan bahan baku jerami padi sebanyak 82,05 juta ton dapat menghasilkan etanol sebanyak 16,410 juta liter. (*Isroi, 2009*).

1.2 TINJAUAN PUSTAKA

1.2.1 Bioetanol

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Etanol atau *Etil Alcohol* (lebih dikenal dengan alkohol, dengan rumus kimia C_2H_5OH) adalah cairan tidak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah menguap, mudah terbakar,

larut dalam air, tidak karsinogenik, dan jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan.

Pada tahun 1985 Brazil mengeluarkan program pencampuran 20% bioetanol dengan bensin untuk menghemat 40% konsumsi bensin. Sebagai alternatif digunakan campuran bioetanol dengan bensin. Sebelum dicampur, bioetanol harus dimurnikan hingga 100%. Campuran ini dikenal dengan sebutan gasohol.

Tabel 1.1. Ekspor-impor bioetanol nasional

Tahun	Rata-rata Ekspor (Kg/tahun)	Impor (Kg)
2012	102.127	1.107
2013	111.206	2.601
2014	1.184.751	2.429
2015	4.352.644	1.755
2016	4.652.417	3.163
2017	4.205.217	2.986

(Sumber : BPS, 2018)

1.2.2 Jerami Padi

Jerami adalah hasil samping usaha pertanian berupa tangkai dan batang tanaman sereal yang telah kering. Setelah biji-bijiannya dipisahkan. Massa kering jerami kurang lebih setara dengan massa biji-bijian yang dipanen. Jerami memiliki banyak fungsi, diantaranya sebagai bahan bakar, pakan ternak, alas atau lantai kandang. Pengemas bahan pertanian dan bahan bangunan ([Wikipedia,2017](#)). Pada jerami padi mengandung komponen yaitu, selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

1.2.2.1 Selulosa

Selulosa adalah salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik. Selulosa cenderung membentuk mikrofibril sehingga memberikan struktur yang larut. Mikrofibril selulosa terdiri dari 2 tipe, yaitu kristalin dan amorf.

1.2.2.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin, yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau yang disebut heteropolisakarida, dan dikelompokkan berdasarkan residu gula utama sebagai penyusunnya seperti xylan, mannan, galactan, dan glucan. Hemiselulosa terikat dengan polisakarida, protein dan lignin dan lebih mudah larut dibandingkan dengan selulosa.

Hemiselulosa memiliki keragaman dengan selulosa yaitu merupakan polimer dari unit-unit gula yang terikat dengan ikatan glikosidik, akan tetapi hemiselulosa berbeda dengan selulosa dilihat dari komponen unit gula yang membentuknya, panjang rantai molekul dan percabangannya. Unit gula yang membentuk hemiselulosa dibagi menjadi beberapa kelompok, seperti pentosa, heksosa, asam heksuronat, dan deoksiheksosa. Hemiselulosa merupakan suatu kesatuan yang membangun komposisi serat dan mempunyai peranan yang penting karena bersifat hidrofilik

sehingga berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik serat. Kehilangan hemiselulosa akan menyebabkan terjadinya lubang diantara fibril dan kurangnya ikatan antar serat.

1.2.2.3 Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40%. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisi polisakarida.

Tabel 1.2. Komposisi kimia bahan lignoselulosa

Bahan lignoselulosa	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
Tangkai kayu keras	40-55	24-40	18-25
Tangkai kayu lunak	45-50	25-35	25-35
Kulit kacang-kacangan	25-30	25-30	30-40
Bonggol jagung	45	35	15
Kertas	85-99	0	0-15
Jerami gandum	30	50	15
Jerami padi	32,1	24	18
Buangan sampah	60	20	20
Daun	15-20	80-85	0
Cotton send hairs	80-95	5-20	0
Kertas koran	40-55	25-40	18-30
Waste paper from chemical pulps	60-70	10-20	5-10
Primary wastewater solid	8-15	-	24-29
Bagas segar	33,4	30	18,9
Swine waste	6	28	-

Sumber : Howard et.al., 2003

1.2.3 Enzim

Enzim adalah biomolekul berupa protein yang berfungsi sebagai katalis (senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi) dalam suatu reaksi kimia organik (*Smith AL (Ed) et.al.*). Dalam proses produksi bioetanol menggunakan proses hidrolisis yang terdiri dari degradasi lignin serta proses fermentasi.

1.2.3.2 *Saccharomyces cerevisiae*

Ragi *Saccharomyces cerevisiae* telah memiliki sejarah yang luar biasa di industri fermentasi. Penyebabnya karena kemampuannya dalam menghasilkan alkohol inilah *Saccharomyces cerevisiae* disebut sebagai mikroorganisme aman (*General Ragarded as Safe*) yang paling komersial saat ini. (Aguskrisno, 2011)

Saccharomyces cerevisiae termasuk khamir jenis *Ascomycetes* yang banyak mengandung protein, karbohidrat, dan lemak sehingga dapat dikonsumsi oleh manusia dan hewan guna melengkapi kebutuhan nutriennya sehari-hari. *Saccharomyces cerevisiae* juga mengandung vitamin, khususnya vitamin B kompleks. *Saccharomyces cerevisiae* mudah dicerna, enak dan tidak menularkan atau menimbulkan penyakit (Amaria,dkk., 2001).

Dalam produksi bioetanol biasanya menggunakan mikroorganisme *Zymomonas mobilis* untuk memfermentasikan gula sederhana menjadi etanol. *Zymomonas mobilis* memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat memproduksi bioetanol lebih cepat

dibandingkan dengan *Saccharomyces cerevisiae*. Akan tetapi *Zymomonas mobilis* memiliki kekurangan yaitu kisaran substrat terbatas pada glukosa, fruktosa, dan sukrosa, tidak dapat memfermentasi gula C₅, dan tidak dapat mentolerir inhibitor beracun yang ada dalam hidrolisat lignoselulosa. Walaupun telah dilakukan upaya rekayasa metabolik rasional atau mutasi adaptif, strain rekayasa ini memetabolisme gula campuran di inhibitor, hasil produktivitas jauh lebih rendah. Oleh karena itu untuk pemakaian komersial dalam produksi bioetanol digunakan *Saccharomyces cerevisiae* karena dapat berperan sebagai fermentatif kuat (Wikipedia, 2018).

1.2.3.3 Enzim pendegradasi lignin

Enzim pendegradasi lignin (lignolitik) terdiri dari lakase (polifenol oksidase), lignin peroksidase (Li-P) dan mangan peroksidase (Mn-P). Ketiganya merupakan multi enzim ekstraseluler yang berperan dalam proses depolimerisasi lignin. Ketiga enzim tersebut dapat dihasilkan oleh jamur pelapuk putih *Omphallina* sp. dan *Pleurotus ostreatus* (Widyastuti, dkk., 2007). Lakase, selain berperan dalam proses bioremediasim juga bermanfaat dalam industri kertas (biopulping dan biobleaching). Produksi lakase dari *Omphallina* sp.s cukup potensial digunakan untuk mendelignifikasi material ligoselulos dari tandan kosong kelapa sawit (Siswanto dkk., 2007).

Selain itu *Lentulus squarrulus* dan *Psathyrella atroubonata* juga diketahui dapat mendegradasi lignin (*Wuyep, et al., 2003*). *Lobos, et.al. (2001)* melaporkan bahwa *Ceriporoopsis subvermispora* juga mempunyai kemampuan kuat dalam mendegradasi lignin. Selain dengan cara enzimatik, degradasi lignin dapat dilakukan secara kimia yaitu dengan menambahkan asam (asam sulfat, asam peklorat dan asam klorida).

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 SPESIFIKASI PRODUK

2.1.1. Etanol

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 . Pada Pabrik ini akan memproduksi Bioetanol dengan kadar 99,8%.

Tabel 2.1. Karakteristik etanol

Rumus molekul	C_2H_5OH
Massa molar	46,06844 g/mol
Penampilan	cairan tak berwarna dengan bau khas
Densitas	0,7893 g/cm
Titik lebur	-114,14
Titik didih	78,29
Kelarutan dalam air	tercampur penuh
Tekanan uap	58 kPa (20°C)
Keasaman	15,9
Viskositas	1,200 cP (20°C)

Sumber : wikipedia, 2017

Karakteristik etanol sebagai bahan bakar memiliki nilai kerapatan massa 780 yang tinggi ada logam, namun kesesuaian terhadap bahan plastik sangat baik kecuali dengan poliamida. Maka sifat etanol mempengaruhi mutunya sebagai bahan bakar yaitu kalor pembakar, tekanan uap, angka oktan serta korosifitas.

Tabel 2.2. Identifikasi bahaya etanol

Penampilan	cairan tak berwarna dengan bau khas
Target Organ	Ginjal, hati. Sistem saraf pusat, jantung
Kontak Langsung	1. Pada mata, mengakibatkan iritasi dan meningkatkan sensitifitas bila terkena mata
	2. Pada Kulit, mengakibatkan iritasi pada kulit
Pernapasan	akan menyebabkan kesulitan bernapas, sakit kepala, pusing
Akibat Fatal	kerusakan sistem reproduksi, dan percobaan pada hewan menyebabkan tumor

Sumber : Chemical Approval Msds Etanol

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1. Jerami Padi

Jerami padi merupakan biomassa dengan kandungan selulosa terbesar, di samping hemiselulosa dan lignin dalam jumlah yang lebih kecil. Jerami padi merupakan limbah pertanian cukup tinggi (Juliano, 1985). Memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme untuk memproduksi enzim selulase. Sejauh ini, konsentrasi substrat jerami padi yang dibutuhkan untuk produksi enzim selulase yang optimal dari mikroorganisme pada fermentasi dengan menggunakan media dari serbuk jerami padi sebelum diketahui secara pasti. Pada pabrik ini membutuhkan jerami padi sebesar 1.000 ton/tahun.

Tabel 2.3. Karakteristik jerami padi

Wujud	Grain
Komposisi	Protein 1,2% berat Lemak 3% berat Serat Kasar 17,8% Hemiselulosa 27% Selulosa 39% Lignin 12%
Kadar air	maksimal 15%
Butir rusak	maksimal 16%
Kotoran	maksimal 2%

(Wikipedia, 2018)

2.2.2. Asam Sulfat

Asam sulfat merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Asam sulfat yang tidak diencerkan tidak dapat ditemukan secara alami di bumi oleh karena sifatnya yang higroskopis. Asam sulfat secara alami melalui oksidasi mineral sulfida, misalnya besi sulfida. Air yang dihasilkan dari oksidasi ini sangat asam dan disebut sebagai air asam tambang (Wikipedia, 2018).

Tabel 2.4. Karakteristik asam sulfat

Rumus Kimia	H ₂ SO ₄
Massa Molar	98,08 g/mol
Penampilan	Cairan higroskopis, berminyak, tak berwarna, tak berbau
Densitas	1,84 g/cm ³
Titik Lebur	10 °C
Titik Didih	337 °C
Kelarutan dalam Air	Tercampur penuh
Tekanan uap	<10 Pa pada 20 °C (diabaikan)
Viskositas	26,7 cP (20 °C)

(Sumber: Wikipedia, 2018)

Asam sulfat yang diperoleh sebesar 98% sedangkan asam sulfat yang digunakan untuk proses delignifikasi sebesar 70% oleh karena itu dilakukan proses pengenceran dengan penambahan H₂O sebesar 30%.

2.2.3. Kalsium Hidroksida

Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia Ca(OH)₂. Kalsium hidroksida dapat berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air. Senyawa ini juga dapat dihasilkan dalam bentuk endapan melalui pencampuran larutan kalsium klorida (CaCl₂) dengan larutan natrium hidroksida (NaOH). (Wikipedia, 2018)

Tabel 2.5 Karakteristik kalسيوم hidroksida

Berat Molekul	74,1 gr/mol
Warna	Putih
pH	14
Penampilan	Solid
Bau	Berbau
<i>Melting Point</i>	580°C
Titik Didih	Tidak Tersedia
Berat Jenis	2,24 gr/cm ³ (Air=1)
Kelarutan	Sangat sedikit larut dalam Air dingin dan panas, tetapi larut dalam alkohol, garam ammonium dan asam

2.2.4. Asam Fosfat

Asam fosfat merupakan asam mineral (anorganik) yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 . Selain menjadi reagen kimia, asam fosfat memiliki berbagai macam kegunaan, termasuk sebagai inhibitor karat, aditif makanan, *etchant* gigi dan ortopedik, elektrolit, fluks, pendispersi, *etchant* industri, bahan baku pupuk, dan komponen produk pembersih ruma. Sumber yang paling umum dari asam fosfat adalah larutan air 85%, larutan tersebut tidak berwarna, tidak berbau, dan non-volatil. Larutan 85% adalah cairan seperti sirup, tetapi masih dapat dituang. Meskipun asam fosfat tidak memenuhi definisi yang ketat dari asam kuat, larutan 85% cukup asam untuk menjadi korosif. Karena tingginya persentase asam fosfat dalam reagen ini setidaknya beberapa dari asam terkondensasi menjadi asam polifosfat (*Wikipedia, 2018*). Asam Fosfat yang digunakan sebagai penutrisi mikroorganisme

mempunyai komposisi 0,4% dari total substrat. Dimana total substrat adalah jumlah dari glukosa dan air.

Tabel 2.6. Karakteristik asam fosfat

Rumus Kimia	H ₃ PO ₄
Massa Molar	97,99 g/mol
Penampilan	Padatan putih atau berwarna sedikit, cairan kental (>42 °C)
Densitas	1.885 g/mL (cairan) 1.685 g/mL (85% solution) 2.030 g/mL (padatan pada 25 °C)
Titik Lebur	4.235 °C (7.655 °F; 4.508 K) (<i>anhydrous</i>) 2.932 °C (5.310 °F; 3.205 K) (<i>hemihydrate</i>)
Titik Didih	158 °C (316 °F; 431 K) 213 °C (415 °F; 486 K)
Kelarutan dalam	Air : 392.2 g/100 g (-16.3 °C) 369.4 g/100 mL (0.5 °C) 446 g/100 mL (14.95 °C) <i>miscible</i> (42.3 °C) larut dalam etanol
Tekanan uap	0,03 mmHg pada 20 °C
Viskositas	26,7 cP (20 °C)

(Sumber: Wikipedia, 2018)

2.2.5. *Saccharomyces Cereviseae*

Saccharomyces cereviseae adalah nama spesies yang termasuk dalam khamir berbentuk oval. *Saccharomyces cereviseae* mempunyai mikrostruktur yang terdiri dari kapsul, dinding, membrane sitoplasma, nukleus, vakuola, mitokondria, globula lipid, dan sitoplasma. *Saccharomyces cereviseae* berfungsi dalam pembuatan roti dan bir, karena *saccharomyces cereviseae* bersifat fermentif (melakukan fermentasi, yaitu memecah glukosa menjadi karbon dioksida dan alkohol) kuat. Namun, dengan adanya oksigen, *saccharomyces cereviseae* juga dapat melakukan respirasi

yaitu mengoksidasi gula menjadi karbon dioksida dan air (Wikipedia, 2016).

2.2.6. Ammonium Sulfat

Ammonium sulfat atau $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah garam anorganik yang memiliki beberapa kegunaan, seperti sebagai pupuk pengaya hara tanah atau sebagai bahan tabahan makanan. Ammonium sulfat mengandung 21 % unsur nitrogen dan 24% unsur belerang.

Ammonium sulfat akan mengalami penguraian bila dipanaskan hingga suhu $250\text{ }^\circ\text{C}$, dan pertama-tama membentuk ammonium bisulfat. Jika dipanaskan pada suhu yang lebih tinggi, ammonium sulfat akan terurai menjadi amonia, nitrogen, sulfur dioksida, dan air (Lang, Chend and Wei, Liu., 2002). Ammonium Sulfat yang digunakan sebagai penutrisi mikroorganismenya mempunyai komposisi 0,4% dari total substrat. Dimana total substrat adalah jumlah dari glukosa dan air.

Tabel 2.7. Karakteristik ammonium sulfat

Rumus Kimia	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Massa Molar	132,14 g/mol
Penampilan	Granul atau kristal higroskopik putih
Densitas	1,769 g/cm ³ (20 °C)
Titik Lebur	235 °C
Kelarutan dalam Air	70.6 g/100 mL (0 °C) 74.4 g/100 mL (20 °C) 103.8 g/100 mL (100 °C)
Kelarutan	Tidak larut dalam aseton, alkohol, dan eter

(Sumber: Wikipedia, 2016)

2.3 Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*quality control*) pada pabrik etanol ini meliputi :

a. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apa sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses.

b. Pengendalian kualitas bahan pembantu

Bahan-bahan pembantu untuk proses pembuatan etanol di pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat fisiknya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

c. Pengendalian bahan selama proses

Untuk menjaga kelancaran proses maka perlu diadakan pengendalian/pengawasan bahan selama proses berlangsung.

d. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi etanol.

e. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan

Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk terutama etanol pada saat akan dipindahkan dari *storage tank* ke mobil truk dan ke kapal.

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi, maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun alat kontrol.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di control room, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang ditetapkan atau diset baik itu flow meter bahan baku atau produk, *level controller*, maupun *temperature controller*, dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu dan bunyi alarm. Bila terjadi penyimpangan, maka harus dikembalikan pada kondisi atau set semua baik secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain :

1. *Level controller*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, level yang terukur akan dicocokkan dengan set point bila belum sesuai maka level tersebut akan dikoreksi sampai diperoleh level yang diinginkan.

2. *Flow controller*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses

3. *Temperature controller*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Temperature yang terukur akan dicocokkan dengan set point bila belum sesuai maka suhu tersebut akan dikoreksi sampai diperoleh temperatur yang diinginkan .

4. *Pressure controller*

Merupakan alat yang dipasang pada alat proses untuk mengendalikan tekanan di dalam sesuai dengan kondisi operasi alat tersebut. Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standart, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk adalah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 URAIAN PROSES

Pada dasarnya proses pembuatan bioetanol dari jerami padi melalui beberapa tahap yaitu proses delignifikasi, hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Proses pembuatan serbuk jerami sendiri dengan cara penghancuran jerami sampai hasilnya halus kemudian diayak.

Delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan lignin dari jerami. Pada proses ini digunakan larutan H_2SO_4 . Proses pembuatan glukosa dari jerami dilakukan dengan cara hidrolisis secara kimia dengan menggunakan air sebagai penghidrolisis. Fermentasi dilakukan dengan variasi lama waktu fermentasi dan variasi konsentrasi starter. Berikut tahapan proses pembuatan bioetanol dari jerami padi.

3.1.1 Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku dilakukan untuk mendapatkan glukosa. Glukosa diperoleh melalui 2 tahap yaitu delignifikasi dan hidrolisis. Pada tahap delignifikasi akan menghasilkan selulosa. Selulosa akan diproses lebih lanjut dengan proses hidrolisa sehingga akan dihasilkan glukosa.

1. Delignifikasi

Sebelum diproses, bahan baku berupa jerami padi sebelumnya, diperkecil ukurrannya dengan menggunakan *crusher* hingga ukuran 0,1 mm. Kemudian dialirkan menuju

tangki berpengaduk dengan menggunakan *conveyor*. Asam sulfat yang sudah diencerkan hingga 70% dengan penambahan air dan direaksikan pada suhu 40°C selama 1 jam dialirkan ke dalam tangki berpengaduk yang berfungsi untuk memisahkan selulosa dan hemiselulosa yang terikat pada lignin. Selanjutnya campuran dialirkan menuju reaktor hidrolisa

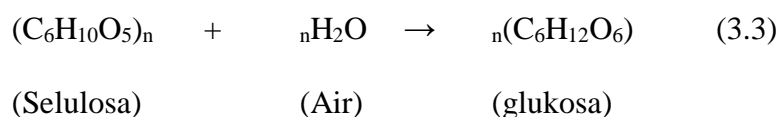
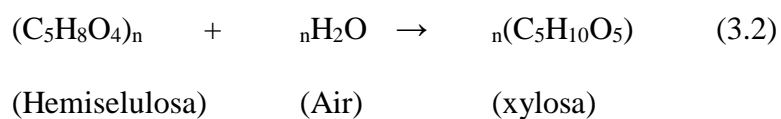
Reaksi yang terjadi pada tangki berpengaduk



2. Hidrolisis

Campuran dari tangki berpengaduk dipompakan menuju reaktor hidrolisa. Kemudian direaksikan pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm dalam waktu 1 jam yang berfungsi untuk memecahkan selulosa menjadi glukosa.

Reaksi yang terjadi pada reaktor berpengaduk



Setelah reaksi selesai, campuran dialirkan menuju *cooler* untuk didinginkan menjadi 30°C. Setelah mencapai suhu tersebut, campuran dialirkan lagi menuju *Rotary Drum Vacuum Filter* 1 untuk memisahkan fraksi padat dan fraksi cair. Sehingga larutan gula dan asam pun akan terpisah. Asam sulfat

yang dipisahkan ini kemudian dipekatkan dan selanjutnya digunakan kembali. Sedangkan larutan gula kemudian menuju *mixer* untuk dicampurkan dengan Kalsium Hidroksida dari tangki penyimpanan Kalsium Hidroksida. Adapun proses ini bertujuan untuk menetralkan atau mereaksikan asam yang bersisa dengan Kalsium Hidroksida sehingga larutan gula bebas dari asam. Proses ini menghasilkan gipsum (CaSO_4) sebagai produk samping. Campuran kemudian dialirkan menuju ke *centrifuge* untuk memisahkan gipsum dengan cairan.

3. Fermentasi

Setelah reaksi pada reaktor hidrolisa selesai, campuran dialirkan menuju reaktor fermentasi. Dengan menggunakan mikroba yang berfungsi sebagai katalis dan membantu proses fermentasi anaerob pada suhu $27,5^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm dan waktu proses fermentasi berlangsung selama 36 jam. Fermentor yang dimasukkan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dan nutrisi berupa H_3PO_4 dari tangki penyimpanan dan ammonium sulfat dari tangki penyimpanan.

Reaksi yang terjadi pada reaktor fermentasi



(Gula sederhana) (ragi) (alkohol)(karbondioksida)

4. Destilasi

Hasil fermentasi kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan hasil fermentasi, lalu dilewatkan menuju *Rotary Drum Vacuum Filter* II untuk memisahkan fraksi padat dan fraksi cair. Selanjutnya campuran etanol dan air yang sudah terpisah dari gula akan dipompakan lagi menuju membran ultrafiltrasi untuk memisahkan gula dengan etanol berdasarkan perbedaan ukuran partikel. Selanjutnya campuran etanol dan air yang sudah terpisah dipompakan menuju menara destilasi untuk memisahkan antara etanol dan air. Menara destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 96,5% (kondisi azeotrop). Selanjutnya etanol dimurnikan lagi sampai batas maksimalnya maka campuran etanol dan air kemudian akan dipompakan lagi menuju membran pevaporasi dan kemudian dapat memurnikan etanol hingga 99,8%. Bioetanol dengan kadar 99,8% ini kemudian didinginkan menggunakan *cooler* hingga suhu 30°C dan kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan bioetanol.

3.1.2 Neraca Massa

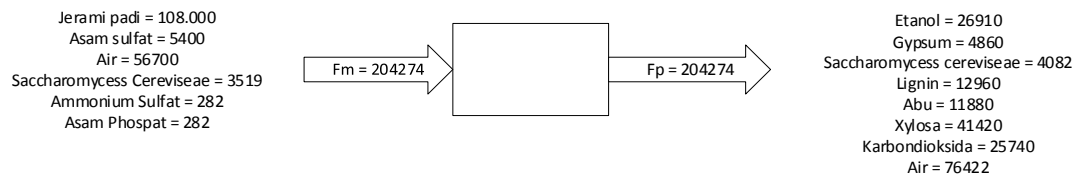
Kapasitas bahan baku (Jerami Padi)	: 135.000 ton / tahun
Waktu operasi	: 330 hari / tahun
Satuan berat	: newton (N)
Basis perhitungan	: 1 jam operasi

1 hari produksi

: 24 jam

Tabel 3.1 Neraca massa overall

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
Jerami padi	108.000	
H ₂ SO ₄	5400	
Air	56700	76422
Ca(OH) ₂	30092	
Saccharomyces cerevisiae	3519	4082
Ammonium sulfat	282	
H ₃ PO ₄	282	
Etanol		26910
Gypsum		4860
Xylosa		41420
Lignin		12960
Abu		11880
Karbonioksida		25740
Jumlah	204274	204274



Gambar 3.1 Neraca Massa Overall

3.1.2.1. Neraca Massa Unit Persiapan Bahan Baku

Tabel 3.2. Neraca massa pada unit persiapan bahan baku

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Alur 1	Alur 4	Alur 2
Jerami padi	108.000	27.000	135.000
Total	135.000		135.000

3.1.2.2. Neraca Massa *Vibrating Screen*Tabel 3.3. Neraca massa pada *vibrating screen*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Alur 2	Alur 3	Alur 4
Jerami Padi	135.000	108.000	27.000
Total	135.000	135.000	

3.1.2.3. Neraca Massa Tangki Berpengaduk

Tabel 3.4. Neraca massa pada tangki berpengaduk

Komponen	Alur Masuk (kg/jam)		Alur keluar
	Alur 3	Alur 5	Alur 8
Selulosa	42.120	-	42.120
Hemiselulosa	29.160	-	29.160
Lignin	12.960	-	12.960
Abu	11.880	-	11.880
Air	11.880	-	11.880

Tabel 3.4. Neraca massa pada tangki berpengaduk (lanjutan)

Komponen	Alur Masuk (kg/jam)		Alur keluar
	Alur 3	Alur 5	Alur 8
H ₂ SO ₄	-	5.400	5.400
Total	113.400		113.400

3.1.2.4. Neraca Massa Reaktor Hidrolisis

Tabel 3.5. Neraca massa pada reaktor hidrolisa

Komponen	Alur Masuk (kg/jam)		Alur Keluar (kg/jam)
	8	7	12
Selulosa	42.120	-	12.636
Hemiselulosa	29.160	-	328
Lignin	12.960	-	12.960
Abu	11.880	-	11.880
Air	11.880	56.700	194.920
H ₂ SO ₄	5.400	-	5.400
Glukosa	-	-	58.500
Xylosa	-	-	41.420
Total	113.400	56.700	325.408
	170.100		325.408

3.1.2.5. Neraca Massa *Rotary Drum Vaccum Filter*Tabel 3.6. Neraca massa pada *Rotary Drum Vaccum Filter I*

Komponen	Alur Masuk (kg/jam)	Alur Keluar (kg/jam)	
	15	16	17
Selulosa	126,36	-	126,36
Hemiselulosa	328,02	-	328,02
Lignin	12.960	-	12.960
Abu	11.880	-	11.880
Air	194.920	-	19.492
H ₂ SO ₄	5.400	-	540
Glukosa	58.500	-	5.850
Xylosa	41.420	-	4.142
Filtrat			
Air	-	175.428	-
H ₂ SO ₄	-	4.860	-
Glukosa	-	52.650	-
Xylosa	-	37.278	-
Total	325.534	270.216	55.318
		325.534	

3.1.2.6. Neraca Massa Mixer

Tabel 3.7. Neraca massa pada Mixer

Komponen	Alur masuk (kg/jam)		Alur keluar (kg/jam)
	16	18	19
Air	175428	-	175428
Glukosa	52650	-	52650
Xylosa	37278	-	37278
H ₂ SO ₄	4860	-	-
Ca(OH) ₂	-	30092	30092
Gypsum	-	-	4860
Subtotal	270216	30092	300308
Total	300308		300308

3.1.2.7. Neraca Massa Fermentor

Tabel 3.8. Neraca massa pada fermentor

Komponen	Alur Masuk (kg/jam)				Alur Keluar (kg/jam)	
	21	22	24	25	26	23
Air	175428	-	-	-	175428	-
Glukosa	52650	-	-	-	-	-
Xylosa	37278	-	-	-	37278	-
<i>Saccharomyces cereviseae</i>	-	-	-	3519	4082	-
Asam Phospat	-	282	-	-	-	-
Amonium Sulfat	-	-	282	-	-	-
Etanol	-	-	-	-	26910	-
Karbondioksida	-	-	-	-	-	25.740
Subtotal	265356	282	282	3519	24698	25.740
Total	269438				269438	

3.1.2.8. Neraca Massa *Rotary Drum Vaccum Filter II*Tabel 3.9. Neraca massa pada *rotary drum vaccum filter I*

Komponen	Alur Masuk (kg/jam)	Alur Keluar (kg/jam)	
	27	28	29
Xylosa	37278	-	37278
Etanol	26.910	-	26.910
<i>Saccharomyces cereviseae</i>	4.082	4.082	-
Air	175428	17543	157885
Subtotal	243698	58903	222073
Total	52.864	52.864	

3.1.2.9. Neraca Massa Menara Distilasi

Tabel 3.10. Neraca massa pada menara distilasi

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus Keluar (kg/jam)	
	32 (feed)	40 (atas)	36 (bawah)
C ₂ H ₅ OH	26910	26910	-
H ₂ O	157885	10692	147193
Subtotal	184795	37602	147193
Total	184795	184795	

3.1.2.1. Neraca Massa Tangki Pelarutan H₂SO₄Tabel 3.11. Neraca massa pada tangki pelarutan H₂SO₄

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)		Arus Keluar (kg/jam)
	42	43	5
H ₂ SO ₄	3780	-	5400
Air	-	1620	
Subtotal	3780	1620	5400
Total	5400		5400

3.1.3 Neraca Panas

Kapasitas bahan baku (Jerami Padi) : 135.000 ton / tahun

Waktu operasi : 330 hari / tahun

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Satuan berat : kJ/jam

1 hari produksi : 24 jam

Temperature Referensi : 25 °C

3.1.3.1 Neraca Panas Tangki Berpengaduk

Tabel 3.12. Tabel neraca panas pada tangki berpengaduk

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	1660424	
Produk		2486947
Air Pendingin	826523	
Total	2486947	2486947

3.1.3.2 Neraca Panas Reaktor Hidrolisa

Tabel 3.13. Tabel neraca panas pada reaktor hidrolisa

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	2486947	
Produk		56066065
Panas reaksi	-19208539	
Steam	52399788	
Total	35678196	56066065

3.1.3.3 Neraca Panas Cooler I

Tabel 3.14. Tabel neraca panas pada *cooler*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	56066065	
Produk		-78492491
Air Pendingin	22426426	
Total	78492491	-78492491

3.1.3.4 Neraca Panas Mixer

Tabel 3.15. Tabel neraca panas pada *mixer*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	0	
Produk		0
Air Pendingin	0	
Total	0	0

3.1.3.5 Neraca Panas Fermentor

Tabel 3.16. Tabel neraca panas pada fermentor

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	4051079	
Produk		-2412699
Panas Reaksi	1446150	
Air Pendingin		7909928
Total	5497229	5497229

3.1.3.6 Neraca Panas Heater

Tabel 3.17. Tabel neraca panas pada heater

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	879634	
Produk		109333
Steam	21369	
Total	109333	109333

3.1.3.7 Neraca Panas Kondenser

Tabel 3.18. Tabel Neraca Panas pada Kondenser

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	80830056	
Produk		97953082
Air pendingin	17123026	
Total	97953082	97953082

3.1.3.8 Neraca Panas Reboiler

Tabel 3.19. Tabel Neraca Panas pada Reboiler

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	24048761	
Produk		225759689
Steam	-14727923	
Total	22575969	225759689

3.1.3.9 Neraca Panas Cooler II

Tabel 3.20. Tabel Neraca Panas pada Cooler II

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	17046655	
Produk		28088786
Air Pendingin	11042131	
Total	28088786	28088786

3.2 SPESIFIKASI ALAT

3.2.1. Gudang Penyimpanan Jerami Padi (GP-01)

Fungsi : Tempat penyimpanan jerami padi

Bentuk : Bak persegi panjang dengan tutup

Material :Beton bata dengan lantai semen

Jumlah :1 unit

Kapasitas : 166628,5714 m³

Kondisi fisik

z = Panjang = 91 m

l = Lebar = 61 m

t = Tinggi = 30m

3.2.2. *Conveyor I(SC-01)*

Fungsi	:Mengangkut jerami padi menuju <i>crusher</i>
Jenis	: <i>Screw Conveyor</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Daya motor	: 50 Hp

3.2.3. *Crusher(CR-01)*

Fungsi	:Mengecilkan ukuran jerami padi sebelum masuk ke dalam <i>vibrating screen</i>
Jenis	: <i>Rotary Knife</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah <i>cutter</i>	: 5 buah
Daya Motor	: 5 Hp

3.2.4. *Vibrating Screen(VS-01)*

Fungsi	:Menyaring jerami padi yang telah dihaluskan oleh <i>Knife Cutter</i> sampai 1 mm
Jenis	: <i>Heavy duty vibrating screen</i>
Bahan konstruksi	: <i>High alloy steel SA-240 (304)</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 32400 kg/jam
Luas Ayakan	: 903m ²
Ukuran <i>screen</i>	: 100 mesh
Ukuran	: ~ panjang = 453 m

~ Lebar *screen* = 226 m

~ Diameter lubang *screen* = 0,9 m

3.2.5. *Conveyor II* (SC-02)

Fungsi :Mengangkut jerami padi menuju tangki
berpengaduk

Jenis :*Screw Conveyor*

Bahan Konstruksi :*Carbon Steel*

Jumlah :3 unit

Daya motor : 50 Hp

3.2.6. Tangki Penyimpanan H₂SO₄ 98% (T-01)

Fungsi :Menyimpan H₂SO₄ 98% untuk kebutuhan
30 hari

Jenis :Silinder tegak dengan alas datar dan tutup
elipsoidal

Bahan konstruksi :*Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas :2536 m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature*: 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter :10m

Tinggi : 30m

Tebal : $\frac{3}{4}$ in

Tutup

Diameter : 10m

Tinggi : 3 m

Tebal : $\frac{3}{4}$ in

3.2.7. Pompa 1 (P-01)

Fungsi : Memompa H_2SO_4 70% ke tangki
berpengaduk

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 30°C*

$P_{suction} = 53,4$ psia

$P_{discharge} = 24,6$ psia

Laju Volumetrik : $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$

Daya motor : 5 Hp

3.2.8. Tangki Berpengaduk (R-01)

Fungsi : Tempat *pre-treatment* jerami padi

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup
elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 243 m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 50 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 6 m

Tinggi : 6 m

Tebal : ½ in

Tutup

Diameter : 6m

Tinggi : 2 m

Tebal : ½ in

Pengaduk

Jenis : Turbin impeller daun enam

Jumlah *baffle* : 4 buah

Diameter : 2m

Daya motor : 53 Hp

Jaket Pendingin

Diameter : 7 m

Tinggi : 8 m

Tebal : 6 in

3.2.9. Pompa 2 (P-02)

Fungsi : Memompa campuran dari tangki
berpengaduk ke reaktor hidrolisis

Jenis : *Pompa Rotary*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 50 °C*

$$P_{suction} = 24,5992 \text{ psia}$$

$$P_{discharge} = 22,8107 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik : 0,03 m³/s

Daya motor : 63 Hp

3.2.10. Reaktor Hidrolisis (R-02)

Fungsi : Tempat berlangsungnya hidrolisis jerami
padi

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup
elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 400m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature : 100 °C*

Tekanan : 1 atm – 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 8 m

Tinggi : 8 m

Tebal : ½ in

Tutup

Diameter : 8 m

Tinggi : 2 m

Tebal : ½ in

Pengaduk

Jenis : Turbin impeller daun enam

Jumlah *baffle* : 4 buah

Diameter : 3 m

Daya motor : 1 Hp

Jaket Pemanas

Diameter : 8 m

Tinggi : 9 m

Tebal : 2 in

3.2.11. *Cooler I* (CL-01)

Fungsi : Menurunkan temperatur hidrolisat sebelum dialirkan ke *rotary drum vaccum filter*

Jenis : 1-2 *shell and tube exchanger*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas	:22331912 kJ/jam
Diameter	: 1 ¼ in
Jenis <i>tube</i>	: 18 BWG
Panjang <i>tube</i>	: 76 ft
<i>Pitch (P_T)</i>	:1 9/16 in <i>triangular pitch</i>
Jumlah <i>tube</i>	: 425
Diameter <i>shell</i>	: 39 in

3.2.12. Pompa 3 (P-03)

Fungsi	:Memompa hidrolisat dari <i>cooler</i> ke <i>rotary drum vaccum filter</i>
Jenis	:Pompa <i>sentrifugal</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi Operasi	: <i>Temperature</i> = 30°C
	$P_{suction} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$
	$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$
Laju Volumetrik	: 0,1 m ³ /s
Daya motor	: 2 Hp

3.2.13. Rotary Drum Vacum FilterI (RF-01)

Fungsi	:Memisahkan padatan dari hidrolisat
Jenis	: <i>Rotary Drum Vacum</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi

Temperature : 30 °C

Tekanan : 2 atm

Diameter Drum Filter : 2 m

Lebar Filter : 3 m

Waktu Putar : 617 detik

Power motor : 0,1 Hp

3.2.14. Pompa 4 (P-04)

Fungsi : Memompa hidrolisat dari *rotary drum vaccum filter* menuju *mixer*

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Laju Volumetrik : 0,1 m³/s

Daya motor : 2 Hp

3.2.15. Pompa 5 (P-05)

Fungsi : Memompa asam sulfat 98% ke tangki pengenceran asam sulfat

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 0,004 m³/s

Daya motor : ¼ Hp

3.2.16. Tangki Penyimpanan Kalsium Hidroksida (T-02)

Fungsi :Menyimpan Kalsium Hidroksida untuk kebutuhan 30 hari

Jenis :Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi :*Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 19696m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Diameter :20 m

Tinggi : 61

Tebal : 1/8 in

3.2.17. Tangki Pencampur/*Mixer*(R-03)

Fungsi :Menetralkan asam sulfat dalam hidrolisat

Jenis :*Continuous Stirred Tank Reactor*

Bentuk :Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi :*Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 301m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 7 m

Tinggi : 7 m

Tebal : 1/2 in

Tutup

Diameter : 7 m

Tinggi : 2 m

Tebal : 1/2 in

Pengaduk

Jenis : Turbin impeller daun enam

Jumlah *baffle* : 4 buah

Diameter : 2 m

Daya motor : 1 Hp

3.2.18. Pompa 6 (P-06)

Fungsi : Memompa campuran air asam sulfat dari *mixer* menuju *centrifuge*

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature* = 30 °C

$$P_{Suction} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik : 0,07 m³/s

Daya motor : 4 Hp

3.2.19. Centrifuge (CF-01)

Fungsi : Memisahkan larutan CaSO₄ dari hidrolisat

Jenis : *Turbular bowl centrifuge*

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 0,00006m³/s

Daya motor : ¼ Hp

Kondisi operasi : Temperature = 30 °C

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

3.2.20. Pompa 7 (P-07)

Fungsi : Memompa hidrolisat dari tangki penampung I

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 30°C*

$$P_{suction} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{discharge} = 2,35 \text{ atm} = 34,6768 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik : 0,02 m³/s

Daya motor : 2 Hp

3.2.21. Tangki Penampung Umpan Fermentasi (T-03)

Fungsi : Menampung hidrolisat dari *centrifuge*
 Jenis : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*
 Jumlah : 1 unit
 Kapasitas : 189 m³
 Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30 °C
 Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 5m
 Tinggi : 14m
 Tebal : ½ in
 Tutup
 Diameter : 5m
 Tinggi : 1,2m
 Tebal : ½ in

3.2.22. Pompa 8 (P-08)

Fungsi : Memompa hidrolisat dari tangki penampung hasil fermentasi ke *fermentor*
 Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Laju Volumetrik	: 0,02 m ³ /s
Daya motor	: 1 Hp

3.2.23. Tangki Penyimpanan H₃PO₄ (T-04)

Fungsi	: Menyimpan H ₃ PO ₄ untuk kebutuhan 30 hari
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 129m ³
Kondisi penyimpanan	: <i>Temperature</i> : 30 °C
	Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter	: 4 m
Tinggi	: 11m
Tebal	: 3/8 in
Tutup	
Diameter	: 4 m
Tinggi	: 1 m
Tebal	: 3/8 in

3.2.24. Pompa 9 (P-09)

Fungsi : memompa H_3PO_4 ke *fermentor*

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature* = 30°C

$P_{suction}$ = 41,5644 psia

$P_{discharge}$ = 25,7537 psia

Laju Volumetrik : $0,000003 \text{ m}^3/\text{s}$

Daya motor : $\frac{1}{4}$ Hp

3.2.25. Tangki Penyimpanan Ammonium Sulfat (T-05)

Fungsi : Menyimpan Ammonium Sulfat untuk kebutuhan 30 hari

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 137 m^3

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30°C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Diameter : 4 m

Tinggi : 12 m

Tebal : 1/8 in

3.2.26. Tangki Penyimpanan *Saccharomyces cerevisiae*(T-06)

Fungsi : Menyimpan *Sacchromyces cerevisiae* untuk kebutuhan 30 hari

Jenis : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 1821 m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Diameter : 9 m

Tinggi : 28 m

Tebal : 1/8 in

3.2.27. *Fermentor*(FR-01)

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi fermentasi glukosa menjadi etanol

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 15 unit

Kapasitas : 66 m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 4 m

Tinggi : 4 m

Tebal : ¼ in

Tutup

Diameter : 4 m

Tinggi : 1 m

Tebal : ¼ in

Pengaduk

Jenis : Turbin impeller daun enam

Jumlah *baffle* : 4 buah

Diameter : 1 m

Daya motor : ¼ Hp

Jaket Pendingin

Diameter : 4 m

Tinggi : 4 m

Tebal : 3/8 in

3.2.28.Pompa 10 (P-10)

Fungsi :Memompa hasil fermentasi dari *fermentor*
ke tangki penampungan

Jenis : Pompa *Semtrifugal*

Bahan konstruksi :*Commercial Steel*

Jumlah : 15 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 30°C*

$$P_{suction} = 1,75 \text{ atm} = 25,7537 \text{ psia}$$

$$P_{discharge} = 1,76 \text{ atm} = 34,6768 \text{ psia}$$

$$\text{Gravitasi} = 32,2 \text{ lb.ft/lbf.s}^2$$

Kapasitas :0,07 m³/s

Daya motor :4 Hp

3.2.29.Tangki Penampung Hasil Fermentasi (T-07)

Fungsi :Menampung hasil fermentasi dari *fermentor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup
elipsoidal

Bahan konstruksi :*Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 976 m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature : 30 °C*

$$\text{Tekanan} : 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 10 m

Tinggi : 10 m

Tebal : 1 in

Tutup

Diameter : 10 m

Tinggi : 3 m

Tebal : 1 in

3.2.30.Pompa 11 (P-11)

Fungsi : Memompa hasil fermentasi dari tangki penampungan ke *rotary drum vaccum filter II*

Jenis : Pompa *Sentrifugal*Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 3 unit

Kondisi operasi : *Temperature= 30°C*

$$P_{suction} = 1,76 \text{ atm} = 34,6768 \text{ psia}$$

$$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik : 0,08 m³/s

Daya motor : 4 Hp

3.2.31. *Rotary Drum Vacuum Filter* (RF-01)

Fungsi	:Memisahkan padatan dari hidrolisat
Jenis	: <i>Rotary Drum Vacuum</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	:1 unit
Kondisi operasi	
<i>Temperature</i>	: 30 °C
Tekanan	: 2 atm
Diameter Drum Filter	: 2 m
Lebar Filter	: 3 m
Waktu Putar	: 617 detik
Power motor	: 0,1 Hp

3.2.32. Tangki Penampung *Saccharomyces cerevisiae*(T-08)

Fungsi	: Menampung <i>Saccharomyces cerevisiae</i> bekas
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 105 m ³
Kondisi penyimpanan	: <i>Temperature</i> : 30 °C
	Tekanan : 1 atm = 14,696 psia
Kondisi fisik	
Diameter	: 6 m

Tinggi : 19m

Tebal : 1/8 in

3.2.33.Pompa 12 (P-12)

Fungsi :Memompa *filtrate* dari *rotary drum vaccum filter II* ke *ultrafiltrasi*

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi :*Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 30°C*

$$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik : 0,06m³/s

Daya motor : 3 Hp

3.2.34.Ultrafiltrasi(UF-01)

Fungsi :Memisahkan xylosa dari campuran

Jenis :*Spiral Wound Membran*

Bahan konstruksi :*Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Laju Volumetrik : 0,04m³/s

Daya motor : 7 Hp

Kondisi operasi : *Temperature = 30 °C*

Tekanan = 1atm = 14,696 psia

3.2.35. Tangki Penampung Hasil *Ultrafiltrasi*(T-09)

Fungsi : Menampung campuran air etanol dari ultrafiltrasi

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 54 m³

Kondisi penyimpanan : *Temperature* : 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 3 m

Tinggi : 8m

Tebal : ¼ in

Tutup

Diameter : 3 m

Tinggi : 3 m

Tebal : ¼ in

3.2.36.Pompa 13 (P-13)

Fungsi : Memompa campuran air-etanol dari tangki penampungan ke *heater*

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 30°C*

$$P_{suction} = 1,80 \text{ atm} = 26,5082 \text{ psia}$$

$$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik : $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$

Daya motor : 1 Hp

3.2.37. *Heater* (HE-01)

Fungsi : Menaikkan suhu campuran air-etanol sebelum dimasukkan ke Menara Distilasi

Jenis : *1-2 Shell and tube exchanger*

Dipakai : *Heater* (fluida panas : *steam*, fluida dingin: *light organic*)

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 37613 kg/jam

Diameter *tube* : $\frac{3}{4}$ in

Jenis *tube* : 18 BWG

Panjang *tube* : 60 ft

<i>Pitch (P_T)</i>	: 1 5/16 in triangular pitch
Jumlah <i>tube</i>	: 36 buah
Diameter <i>shell</i>	: 8 in

3.2.38. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi	: Memisahkan etanol dan air
Jenis	: <i>Sieve tray Column Distillation</i>
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: <i>Temperature : 90 °C</i> Tekanan : 1 atm

Kondisi fisik

Silinder

- Diameter : 2 m
- Tinggi : 7 m
- Tebal : 1/8 in

Tutup

- Diameter : 2 m
- Tinggi : 0,5 m
- Tebal : 1/8 in

Piring

- Jumlah piring : 11 piring

- Lokasi umpan : piring ke 5
- Diameter lubang : 0,004 m
- Jarak piring : 0,01 m

3.2.39.Pompa 14 (P-14)

Fungsi	:Memompa produk <i>bottom</i> ke <i>reboiler</i>
Jenis	: Pompa <i>Sentrifugal</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: <i>Temperature = 30°C</i>

$$P_{suction} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

Laju Volumetrik	: 0,01 m ³ /s
Daya motor	: 1 Hp

3.2.40.Reboiler (RB-01)

Fungsi	:Menaikkan suhu campuran <i>bottom</i> sebelum dialirkan kembali ke Menara Distilasi
Jenis	: <i>1-2 Shell and tube exchanger</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	:15644016kJ/jam
Diameter <i>tube</i>	: 1 ¼ in
Jenis <i>tube</i>	: 18 BWG
Panjang <i>tube</i>	:10 ft

<i>Pitch (P_T)</i>	: 1 9/16 in triangular pitch
Jumlah <i>tube</i>	: 30 buah
Diameter <i>shell</i>	: 3 ¼ in

3.2.41. *Condenser*(CD-01)

Fungsi	:Mengubah fase gas etanol dari Menara distilasi menjadi fase cair
Jenis	:1-2 shell and tube exchanger
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 17050863 kJ/jam
Diameter <i>tube</i>	: 1 in
Jenis <i>tube</i>	:18 BWG
Panjang <i>tube</i>	: 12 ft
<i>Pitch (P_T)</i>	: 1 ¼ in triangular pitch
Jumlah <i>tube</i>	: 736 buah
Diameter <i>shell</i>	: 39 in

3.2.42. *Reflux Drum*(T-10)

Fungsi	:Menampung distilat dari <i>condenser</i>
Jenis	: Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal
Bahan konstruksi	:Carbon Steel SA-285 grade C
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 206m ³
Kondisi penyimpanan	: <i>Temperature</i> : 80 °C

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 7m

Tinggi : 6 m

Tebal : 3/8 in

Tutup

Diameter : 7m

Tinggi : 2 m

Tebal : 3/8 in

3.2.43.Pompa 15 (P-15)

Fungsi : Memompa distilat dari *reflux drum* ke
Menara Distilasi

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 80°C*

$P_{suction} = 19,8665$ psia

$P_{discharge} = 1$ atm = 14,696 psia

Laju Volumetrik : 0,03 m³/s

Daya motor : 2 Hp

3.2.44. Pompa 16 (P-16)

Fungsi	: Memompa distilat ke <i>cooler</i>
Jenis	: Pompa <i>Sentrifugal</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: <i>Temperature = 80°C</i>
	$P_{suction} = 19,8665 \text{ psia}$
	$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$
Laju Volumetrik	: $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$
Daya motor	: 1 Hp

3.2.45. *Cooler II*(CL-02)

Fungsi	: Mendinginkan bioetanol sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan bioetanol
Jenis	: <i>2-4 shell and tube exchanger</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 10995595 kJ/jam
Diameter <i>tube</i>	: 1 in
Jenis <i>tube</i>	: 18 BWG
Panjang <i>tube</i>	: 60 ft
<i>Pitch (P_T)</i>	: $1 \frac{1}{4} \text{ in triangular pitch}$
Jumlah <i>tube</i>	: 241 buah
Diameter <i>shell</i>	: $23 \frac{1}{4} \text{ in}$

3.2.46. Pompa 17 (P-17)

Fungsi : Memompa etanol 99,8% ke tangki penyimpanan etanol

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperatur = 30°C*

$P_{suction} = 14,696$ psia

$P_{discharge} = 46,1319$

Kapasitas : $0,01\text{m}^3/\text{s}$

Daya motor : 1 Hp

3.2.47. Tangki Penyimpanan Bioetanol (T-11)

Fungsi : Menampung bioetanol 99,8 % selama 15 hari

Jenis : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : $19366,83492\text{ m}^3$

Kondisi penyimpanan : *Temperature : 30 °C*

Tekanan : 1 atm = 14,696 psia

Kondisi fisik

Silinder

Diameter : 20 m

Tinggi : 59m

Tebal : 3 in

Tutup

Diameter : 20 m

Tinggi : 5 m

Tebal : 3 in

3.2.48. Tangki Pelarutan H₂SO₄ (T-12)

Fungsi : Membuat larutan asam sulfat

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi pelarutan : Temperature 30 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 4 m³

Diameter : 1,7 m

Tinggi : 1,7 m

Jenis pengaduk : *flat 6 blade turbin impeller*Jumlah *baffle* : 4 buah

Daya motor : 1/4 Hp

3.2.49. Pompa 18 (P-18)

Fungsi : Memompa air ke tangki pelarutan asam sulfat

Jenis : Pompa *Sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : *Temperature = 30°C*

$P_{suction} = 53,3786$ psia

$P_{discharge} = 24,5992$ psia

Laju Volumetrik : $0,001$ m³/s

Daya motor : 5 Hp

3.2.50. Conveyor 3 (SC-03)

Fungsi : Membawa *Saccharomycess Cereviseae* ke dalam Fermentor

Jenis : *Screw Conveyor*

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 285 Grade C*

Jumlah : 1 unit

Daya motor : 1 Hp

3.2.51. Membran Pervaporasi (MP-01)

Fungsi : Meningkatkan kadar bioetanol menjadi 99,8%

Jenis	: Membrane tidak berpori
Bahan Konstruksi	: <i>Polysulfon</i> dengan pelarut <i>dimetil formide</i>
Jumlah	: 1 unit
Temperatur	: 90°C
Tebal membrane untuk lapisan atas	: 0,1μm

3.2.52.Pompa 19 (P-19)

Fungsi	:Memompa distilat dari <i>reflux drum</i> ke Menara Distilasi
Jenis	: Pompa <i>Sentrifugal</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: <i>Temperature = 80°C</i>
	$P_{suction} = 19,8665 \text{ psia}$
	$P_{discharge} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$
Laju Volumetrik	: 0,03 m ³ /s
Daya motor	: 2 Hp

3.3 PERECANAAN PRODUKSI

Perencanaan produksi merupakan perencanaan tentang produk apa dan berapa yang akan diproduksi oleh perusahaan yang bersangkutan dalam periode yang akan datang. Perencanaan produksi merupakan perencanaan operasional di dalam perusahaan. Dalam menyusun perencanaan produksi, hal yang perlu dipertimbangkan adalah adanya optimum produksi sehingga akan dapat dicapai tingkat yang paling rendah untuk pelaksanaan proses produksi tersebut.

Perencanaan produksi juga dapat didefinisikan sebagai proses untuk memproduksi barang-barang pada suatu periode tertentu sesuai dengan yang diramalkan atau dijadwalkan melalui pengorganisasian sumber daya seperti tenaga kerja, bahan baku, mesin dan peralatan lainnya. Perencanaan produksi menuntut penaksir atas permintaan produk atau jasa yang diharapkan akan disediakan perusahaan di masa yang akan datang. Dengan demikian, perencanaan merupakan bagian dari perencanaan produksi (*Buffa & Sarin, 1996*).

Di Indonesia, beberapa perusahaan telah memproduksi etanol skala industri. Berikut adalah daftar nama perusahaan yang telah memproduksi etanol.

Tabel 3.21. Nama perusahaan etanol yang telah beroperasi di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (kL/tahun)	Bahan Baku
PT. Aneka Kimia Nusantara	Mojokerto	7.000	Molasses
PT. Basis Indah	Sulawesi	1.600	Molasses
PT. Bukit Manikam Subur Persada	Lampung	50.000	Molasses
PT. Indoacidatama Chemical	Surakarta	60.282	Molasses
PT. Madu Baru	Yogyakarta	6.720	Molasses
PT. Molindo Raya Industrial	Malang	45.000	Molasses
BPPT	Lampung	80	Cassava
PT. Indo Lampung Distillery	Lampung	70.000	Molasses
PT. Basis Indah	Makassar	1.600	Molasses
PT. PN XI	Surabaya	10.000	Molasses
PT. RNI	Jawa Timur	100.000	Molasses
PT. Rhodiah Manyar	Surabaya	15.000	Molasses
Total		367.282	

(Sumber : Science and Technology Seminar Jakarta, 2007, <http://indonetwork.co.id>)

Bioetanol adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Etanol dapat dibuat dari tanaman-tanaman yang umum, misalnya tebu, kentang, singkong, dan jagung. Kekhawatiran mengenai produksi dan adanya kemungkinan naiknya harga makanan disebabkan karena dibutuhkan lahan yang sangat besar (anonim, 2011), ditambah lagi energi dan polusi yang dihasilkan dari keseluruhan produksi etanol, terutama tanaman jagung. Pemanfaatan bioetanol pada beberapa jenis bensin, salah satunya bensin jenis E10. Berikut pemanfaatan minimal bioetanol pada bensin jenis E10.

Tabel 3.22. Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol E10

Jenis Sektor	Oktober 2008s/d Desember 2008	Januari 2008	Januari 2010	Januari 2015**	Januari 2020**	Januari 2025* *	keterangan
Rumah tangga	-	-	-	-	-	-	Saat ini tidak ditentukan
Transportasi PSO	3% (existing)	1%	3%	5%	10%	15%	Terhadap kebutuhan total
Transportasi non-PSO	5% (existing)	5%	7%	10%	12%	15%	Terhadap kebutuhan total
Industri dan komersial	-	5%	7%	10%	12%	15%	Terhadap kebutuhan total
Pembangkit listrik	-	-	-	-	-	-	Saat ini tidak ditentukan

** : spesifikasi disesuaikan dengan spesifikasi global dan kepentingan domestik (*esdm.go.id*)

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM di atas, pada tahun 2021 mengikuti regulasi pada tahun 2020, minimum penggunaan bioetanol pada jenis bensin E10 sebesar 10% dari kebutuhan bahan bakar total untuk transportasi PSO (*Public Service Obligation*), 12% untuk transportasi non-PSO, dan 12% untuk industri dan komersial, dimana data penjualan bahan bakar dalam negeri sebagai berikut.

Tabel 3.23. Data konsumsi bahan bakar minyak nasional

Tahun	Konsumsi (kL/tahun)	Pertumbuhan
2012	72.290.008	0
2013	72.034.024	-0,003541068
2014	70.744.978	-0,071894971
2015	67.509.826	-0,045729777
2016	66.939.112	-0,008453789
Rata-rata Pertumbuhan		-0,015123921

(*DirJen Migas, ESDM, 2018*)

Dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 1,5% maka diperoleh kebutuhan premium 2021 berdasarkan persamaan :

$$F = P(1 + i)^n$$

Dimana : F = Nilai pada tahun ke-n

P = Nilai pada tahun awal

n = Tahun

i = Pertumbuhan

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan BBM 2021} &= 66.939.112 \times (1 + (-0,015123921))^6 \\ &= 61.089.909.583 \text{ kL / tahun} \\ &= 61.089.909.583 \text{ L / tahun} \end{aligned}$$

Dari data di atas, diperoleh penjualan Bahan Bakar Minyak tahun 2021 sebesar 61.089.909.583 L/tahun. Dengan regulasi di atas, diambil kebutuhan etanol pada tahun 2021 sebesar 12% dari kebutuhan bahan bakar per tahun sehingga diperoleh perhitungan kebutuhan etanol sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Ethanol 2021} &= 12 \% \times 61.089.909.580 \text{ L / tahun} \\ &= 7.330.789.150 \text{ L / tahun} \end{aligned}$$

Kegiatan ekspor-impor merupakan proses transportasi barang atau komoditas dari suatu negara ke negara lain secara legal umumnya dalam proses perdagangan. Dalam proses ini membutuhkan campur tangan

beberapa pihak yang terkait seperti bea cukai baik dari negara pengirim maupun negara penerima (*wikipedia,2017*).

Dengan tersedianya data diatas, dapat digunakan untuk menghitung selisih Ekspor-Impor bioetanol pada tahun 2021.

$$\begin{aligned} \text{Selisih ekspor - impor Nasional 2021} &= (1.137 .229 .184 - 10 .756 ,38868) \text{Kg / tahun} \\ &= 1.137 .218 ,428 \text{ Kg / tahun} \\ &= 1.441 .341 .480 \text{ L / tahun} \end{aligned}$$

Apabila dibandingkan dengan kapasitas produksi total pabrik etanol yang telah beroperasi yaitu sebesar 367.282.000 L/tahun, maka jumlah etanol yang belum tersuplai adalah:

$$\begin{aligned} \text{Ethanol} &= \text{kebutuhan} - \text{selisih ekspor impor} - \text{produksi} \\ &= (7.330 .789 .150 - 1.441 .341 .480 - 367 .282 .000) \text{L / tahun} \\ &= 5.522 .165 .670 \text{ L / tahun} \end{aligned}$$

Dengan asumsi pabrik yang di desain dapat memenuhi 3% dari total kebutuhan nasional, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi} &= 3\% \times \text{Ethanol} \\ &= 3\% \times 5.522 .165 .670 \text{ L / tahun} \\ &= 165 .664 .970 ,1 \text{ L / tahun} \\ &= 165 .664 ,9701 \text{ kL / tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi} &= 3165 .664 ,9701 \frac{\text{kL}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ kL}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{789 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 130 .693 ,8814 \text{ ton / tahun} \approx 135 .000 \text{ ton / tahun} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas pada tugas pra-rancangan pabrik bioetanol dengan jerami padi adalah 135.000 ton/tahun.

Bahan baku yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bioetanol adalah komoditas yang memiliki kandungan selulosa. Selulosa merupakan senyawa kimia dasar untuk menghasilkan bioetanol. Bahan baku yang mengandung selulosa diantaranya jagung, tebu, durian dan lainnya. Akan tetapi bahan tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk pangan sehingga ditemukan alternatif lain yaitu bahan baku selulosa generasi kedua. Bahan baku selulosa generasi kedua adalah bahan baku yang mengandung selulosa yang tidak dapat dijadikan sumber bahan pangan. Salah satu contohnya adalah jerami padi.

Padi di Indonesia dapat dikatakan dalam jumlah besar. Pada saat pemanenan padi, banyak limbah yang dihasilkan yaitu jerami padi dan sekam padi. Jerami padi dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol dikarenakan pada jerami padi terdapat selulosa yang menjadi senyawa dasar pembuatan bioetanol. Pemanfaatan jerami padi dapat dikatakan belum ada sehingga menjadi peluang besar untuk menghasilkan bioetanol.

Tabel 3.24. Produksi padi di Indonesia

Tahun	Produksi (ton)
2011	65.756.904
2012	69.056.126
2013	71.279.709
2014	70.846/465
2015	75.397.841

(Sumber : BPS,2018)

Salah satu provinsi yang menghasilkan panen padi terbesar adalah Jawa Timur. Produksi padi di daerah Jawa Timur sebagai berikut.

Tabel. 3.25. Produksi padi di Jawa Timur

Provinsi	Tahun	Produksi (ton)	Pertumbuhan
Jawa Timur	2010	11.737.070	0
Jawa Timur	2011	11.633.891	-0,008790865
Jawa Timur	2012	11.271.861	-0,031118566
Jawa Timur	2013	12.083.162	0,071975781
Jawa Timur	2014	11.644.899	-0,036270556
Jawa Timur	2015	11.373.144	-0,023336828
Rata-rata			-0,004590172

(Sumber: BPS, 2018)

$$\begin{aligned} \text{produksi padi } 2021 &= 11.373.144 \times (1 + (-0,004590172))^7 \\ &= 11.012.705,06 \text{ ton / tahun} \end{aligned}$$

Dari tabel 3.28 di atas mengenai produksi padi di Jawa Timur pada tahun 2015 diperoleh sebesar 11.373.144 ton. Sehingga didapatkan perkiraan produksi padi 2021 adalah sebesar 11.012.705ton/tahun. Direncanakan letak pabrik berada di daerah Banyuwangi dan produksi bahan baku berupa jerami padi di daerah tersebut pada tahun 2015 sebesar 850.000 ton/tahun. Dari produksi tersebut kurang dari kebutuhan bahan baku pabrik sebesar 1.069.000 ton/tahun, maka dari itu untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pabrik dilakukan penambahan bahan baku dari daerah jember, dimana pada tahun yang sama daerah jember memproduksi jerami padi sebesar 990.000 ton/tahun.

Persentase jerami padi yang biasa digunakan adalah 7% berat. Panen Produksi jerami di daerah Banyuwangi dan Jember sebesar

1.840.000 ton. Dengan demikian kapasitas jerami padi yang dipakai untuk industry berkisar 1.069.000 ton dalam setahun.

3.3.1 Perencanaan Bahan Baku

Perencanaan bahan baku dalam Pra-rancangan Pabrik Bioetanol merupakan hal yang sangat penting sebelum ingin mendirikan pabrik tersebut. Ketersediaan bahan baku menjadi faktor penentu dalam proses produksi. Berikut adalah perencanaan bahan baku yang diperlukan untuk memproduksi Bioetanol 135.000 ton/tahun.

Tabel 3.26. Perencanaan kebutuhan bahan baku

Bahan	Kebutuhan	
	Kg/jam	Kg/tahun
Jerami Padi	135000	1069200000
Asam Sulfat 98% (liter)	5400	23243478
Kalsium Hidroksida	30092	238324680
Asam Phospat (liter)	282	1098344
<i>Saccharomyces cereviseae</i>	3519	27870480
Ammonium Sulfat	282	2229638
Aluminium Sulfat	79414	628958714
Soda Abu	79414	628958714
NaOH	10589	83861158
Asam Sulfat (Utilitas)	13236	104826427
Kaporit	1458	11549997

3.3.2 Perencanaan Peralatan

Penentuan kebutuhan peralatan sangat penting untuk mengestimasi berapa banyak alat yang dibutuhkan untuk menjalankan proses produksi pembuatan bioetanol, baik alat proses maupun alat utilitas dan pengolahan limbah. Berikut

merupakan perencanaan peralatan yang dibutuhkan untuk memproduksi Bioetanol.

Tabel 3.27. Perencanaan kebutuhan peralatan proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah
<i>Conveyor 1</i>	SC-01	1
<i>Conveyor 2</i>	SC-02	1
<i>Crusher</i>	CR-01	1
<i>Vibrating Screen</i>	VS-01	1
Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	T-01	1
Pompa 1	P-01	1
Tangki Berpengaduk	R-01	1
Pompa 2	P-02	1
Reaktor Hidrolisis	R-02	1
<i>Cooler I</i>	CL-01	1
Pompa 3	P-03	1
<i>Rotary Drum Vacum Filter</i>	RF-01	1
Pompa 4	P-04	1
Pompa 5	P-05	1
Tangki Pelarutan H ₂ SO ₄	T-12	1
Tangki Penyimpanan Kalsium Hidroksida	T-02	1
Tangki <i>Mixer</i>	R-03	1
Pompa 6	P-06	1
<i>Centrifuge</i>	CF-01	1
Pompa 7	P-07	1
Tangki Umpan Fermentasi	T-03	1
Pompa 8	P-08	1
Tangki Penyimpanan Asam Phospat	T-04	1

Tabel 3.27. Lanjutan perencanaan kebutuhan alat proses

Pompa 9	P-09	1
Tangki Penyimpanan Ragi	T-05	1
Tangki <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	T-06	1
Fermentor	FR-01	15
Pompa 10	P-10	1
Tangki Penyimpan Hasil Fermentasi	T-07	1
Pompa 11	P-11	1
Pompa 12	P-12	1
Tangki <i>Saccharomyces cerevisiae</i> FP	T-08	1
Ultrafiltrasi	UF-01	1
Tangki UF	T-09	1
Pomp 13	P-13	1
<i>Heater</i>	HE-01	1
Menara Distilasi	MD-01	1
Pompa 14	P-14	1
<i>Reboiler</i>	RB-01	1
<i>Condenser</i>	CD-01	1
<i>Reflux Drum</i>	T-10	1
Pompa 15	P-15	1
Pompa 16	P-16	1
<i>Cooler II</i>	CL-02	1
Pompa 17	P-17	1
Tangki Produk	T-11	1
<i>Rotary Drum Vacuum Filter 2</i>	RF-02	1
Pompa 18	P-18	1
Conveyor 3	SC-03	1
Pompa 19	P-19	1
Membran Pervaporasi	MP-01	1

Tabel 3.28. Perencanaan kebutuhan peralatan utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah
Screening	FU-01	1
Pompa Screening	PU-01	1
Pompa Sedimentasi	PU-02	1
Tangki Pelarutan Alum	TU-01	1
Pompa Alum	PU-03	1
Tangki Pelarutan Soda Abu	TU-02	1
Pompa Soda Abu	PU-04	1
<i>Clarifier</i>	TU-03	1
Pompa <i>Clarifier</i>	PU-05	1
Tangki <i>Sand Filter</i>	FU-02	1
Pompa Filtrasi	PU-06	1
Tangki Utilitas 1	TU-04	1
Pompa <i>Cation Exchanger 1</i>	PU-07	1
Tangki Penyimpanan Asam Sulfat	TU-05	1
Pompa Asam Sulfat	PU-08	1
<i>Cation Exchanger</i>	EU-01	1
Pompa <i>Cation Exchanger2</i>	PU-09	1
Tangki Pelarutan NaOH	TU-06	1
Pompa NaOH	PU-10	1
Tangki <i>Anion Exchanger</i>	EU-02	1
Pompa <i>Anion Exchanger</i>	PU-11	1
Deaerator	DU-01	1
Pompa Deaerator	PU-12	1
Ketel Uap	BU-01	1
Pompa <i>Cooling Tower</i>	PU-13	1
Cooling Tower	CT-01	1
Pompa <i>Cooling Tower 2</i>	PU-14	1
Pompa Tangki Utilitas 2	PU-15	1
Tangki Kaporit	TU-07	1
Pompa Kaporit	PU-16	1
Tangki Utilitas 2	TU-08	1
Pompa Domestik	PU-17	1
Pompa Air Proses	PU-18	1
Pompa Bak Penampungan	PU-19	1
Pompa Bak Pengendapan Awal	PU-20	1
Pompa Netralisasi	PU-21	1
Pompa Tangki Aerasi	PU-22	1
Tangki Sedimentasi	TU-09	1
Pompa Tangki Sedimentasi	PU-23	1

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

Lokasi pabrik dalam suatu perancangan pabrik adalah aspek yang penting untuk mempertimbangkan pabrik didirikan dekat dengan sumber bahan baku. Hal ini secara khusus akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya terperinci sebelum pendirian. Lokasi suatu pabrik mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan. Penentuan lokasi pabrik yang tepat tidak semudah yang diperkirakan, banyak aspek yang mempengaruhinya, seperti aspek ekonomi, teknis, sosial budaya, dan aspek lingkungan. Aspek ekonomi dapat berupa sarana transportasi, pemasaran dan tenaga kerja. Aspek teknis berupa tata letak geografis dan cuaca. Aspek sosial budaya dapat berupa pengaruh kehidupan sosial dan budaya masyarakat sekitar. Aspek lingkungan dapat berupa pencemaran yang disebabkan oleh pabrik. Tanpa mengesampingkan aspek-aspek tersebut, idealnya lokasi yang dipilih harus dapat memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas pabrik (Desma, 2008).

Lokasi pabrik yang baik akan menentukan hal-hal sebagai berikut (Bernasconi, dkk., 1995)

- 1) Kemampuan untuk melayani konsumen.
- 2) Kemampuan untuk mendapatkan bahan mentah yang berkesinambungan dan harganya samai di tempat relatif murah.
- 3) Kemudahan untuk mendapatkan tenaga karyawan.

Untuk memungkinkan dapat dilakukannya penentuan lokasi suatu pabrik dengan tepat, maka harus memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut.

A. Faktor Primer (*Primary Factor*)

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yaitu meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitasnya. Yang termasuk faktor primer adalah (*Bernasconi, dkk., 1995*):

1. Letak Pasar

Alasan utama suatu pabrik didirikan adalah adanya permintaan pasar. Dimana pabrik yang letaknya dekat dengan pasar.

- 1) Dapat dengan mudah dan cepat melayani konsumen sehingga barang hasil produksi akan cepat sampai ke pasaran.
- 2) Dapat menjual produk lebih banyak dan akhirnya dapat diperoleh hasil yang lebih besar.
- 3) Dapat mengurangi biaya (*cost*) pengangkutan barang hasil produksi.
- 4) Dapat menangkal kerugian karena banyaknya produk yang rusak sebelum sampai di pasar.

2. Letak Sumber Bahan Baku (Bahan Mentah)

Umumnya sumber bahan baku (bahan mentah) tersedia dekat dengan lokasi pabrik. Hal ini menjamin penyediaan bahan baku, setidaknya dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku,

terutama untuk bahan baku yang berat. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah:

- 1) Lokasi sumber bahan baku.
- 2) Besarnya kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- 3) Cara mendapatkan bahan baku dan transportasinya.
- 4) Harga bahan baku serta biaya pengangkutan.
- 5) Kemungkinan mendapatkan sumber bahan baku yang lain.

3. Fasilitas Pengangkutan

Pertimbangan-pertimbangan kemungkinan pengangkutan bahan baku dan produk menggunakan angkutan gerbong kereta api, truk, angkutan melalui sungai dan laut, dan juga angkutan melalui udara yang sangat mahal.

4. Tenaga Kerja

Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja dan penekanan biaya produksi adalah tenaga kerja. Tersedianya tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan faktor pertimbangan pada penetapan lokasi pabrik tetapi tenaga terlatih atau *skilled labor* di daerah setempat tidak selalu tersedia. Jika didatangkan dari daerah lain diperlukan peningkatan upah atau penyediaan fasilitas lainnya sebagai daya tarik terhadap calon pekerja.

5. Pembangkit Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Pabrik yang menggunakan tenaga listrik yang besar akan memilih lokasi yang dekat dengan sumber tenaga listrik, begitu juga dengan ketersediaan bahan bakar yang digunakan. Hal ini dapat mengurangi pengeluaran suatu pabrik yang akan dirancang sehingga pabrik tersebut dapat memberikan keuntungan.

B. Faktor Sekunder (*Secondary Factor*)

Yang termasuk faktor sekunder yaitu (*Satria, 2007 dan Sembiring, 2006*):

1. Harga Tanah dan Gedung

Harga tanah dan gedung yang murah merupakan daya tarik tersendiri. Perlu dikaitkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin hanya dapat diperoleh luasan tanah yang terbatas, sehingga perlu dipikirkan untuk membuat bangunan bertingkat walaupun pembangunan gedungnya lebih mahal.

2. Kemungkinan Perluasan (Rencana Masa Depan)

Perlu diperhatikan apakah perluasan di masa yang akan datang dapat dikerjakan di satu tempat atau perlu lokasi lain, apakah disekitar sudah banyak pabrik lain. Hal ini menjadi masalah tersendiri dalam perluasan pabrik di masa mendatang.

3. Beban Pajak dan Peraturan Perburuhan

Perlu diperhatikan pula beban bunga dan pajak atas tanah dan gedung dalam pengeluaran yang sifatnya tidak langsung. Bagi

perusahaan yang membutuhkan modal investasi yang besar, maka masalah perizinan dan perpajakan perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik. Hal ini dipandang perlu karena:

- 1) Kemudahan perizinan dan keringanan pajak (*tax holiday* dan tarif rendah) sangat diperlukan oleh pabrik-pabrik yang bersangkutan terutama untuk membantu cepat selesainya pendirian pabrik yang di ikuti dengan masa depan percobaan dan operasinya.
- 2) Keringanan pajak ini akan membantu untuk menutupi kerugian pada masa percobaan dan *learning process* yang praktis belum menghasilkan sesuatu yang berarti.
- 3) Kemudahan perizinan dan besarnya pajak berbeda-beda untuk suatu daerah terutama pajak yang ditetapkan oleh pemerintah setempat.

Sedangkan yang menyangkut peraturan (undang-undang) perburuhan meliputi seluruh peraturan-peraturan atau undang-undang yang telah ditetapkan pemerintah untuk melindungi buruh, misalnya: ketentuan mengenai jam kerja, tingkat upah yang minimum (UMR), undang-undang ketenagakerjaan dan undang-undang keselamatan kerja.

4. Fasilitas Servis

Terutama untuk pabrik kimia yang relatif kecil, yang tidak memiliki bengkel sendiri. Perlu dipelajari adanya bengkel-bengkel di sekitar daerah tersebut yang mungkin diperlukan untuk perbaikan alat-alat pabrik. Perlu juga dipelajari adanya fasilitas layanan masyarakat,

misalnya rumah sakit umum, rumah ibadah, tempat kegiatan olahraga, tempat-tempat rekreasi, dan sebagainya. Untuk pabrik yang besar, mungkin beberapa fasilitas tersebut dapat dilayani sendiri walaupun merupakan beban tambahan. Keuntungannya, selain merupakan daya tarik bagi para pekerja, juga membantu penjagaan kesehatan fisik dan mental sehingga efisiensi kerja dapat tetap dipertahankan.

5. Fasilitas Finansial

Perkembangan perusahaan dibantu oleh fasilitas finansial, misalnya adanya pasar modal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya. Fasilitas tersebut akan lebih membantu untuk memberikan kemudahan bagi suksesnya dalam usaha pengembangan pabrik.

6. Persediaan Air

Suatu jenis pabrik memerlukan sejumlah air yang cukup banyak, misalnya pabrik kertas. Karena itu, di daerah lokasi diperlukan adanya sumber air yang kemungkinan diperoleh dari air sungai, danau, sumur (air tanah), laut.

7. Peraturan Daerah Setempat

Peraturan daerah setempat perlu dipelajari terlebih dahulu, mungkin terdapat beberapa persyaratan atau aturan yang berbeda dengan daerah lainnya.

8. Masyarakat Daerah

Sikap, tanggapan dari masyarakat daerah terhadap pembanguna pabrik perlu diperhatikan dengan seksama, karena hal ini akan menentukan perkembangan pabrik di masa yang akan datang. Keselamatan dan keamanan masyarakat perlu di jaga dengan baik. Hal ini merupakan suatu keharusan sebagai sumbangsih kepada masyarakat.

9. Iklim di Daerah Lokasi

Suatu pabrik ditinjau dari segi teknik, adakalanya membutuhkan kondisi operasi misalnya kelembaban udara panas matahari, dan sebagainya. Hal ini berhubungan dengan kegiatan pengolahan, penyimpanan bahan baku atau produk. Disamping itu, iklim juga mempengaruhi gairah kerja dan moral para karyawan. Keaktifan kerja karyawan dapat meningkatkan hasil produksi.

10. Keadaan Tanah

Sifat-sifat mekanika tanah dan tempat pembangunan pabrik harus diketahui. Hal ini berhubungan dengan rencana pondasi untuk alat-alat, bangunan gedung, dan bangunan pabrik.

11. Perumahan

Bila di sekitar daerah lokasi pabrik telah banyak perumahan, selain lebih membuat para karyawan betah juga dapat meringankan investasi untuk perumahan karyawan.

12. Daerah Pinggiran Kota

Daerah pinggiran kota dapat menjadi lebih menarik untuk pembangunan pabrik. Akibatnya dapat timbul aspek desentralisasi industri. Alasan pemilihan daerah yang lokasinya terletak di pinggira kota antara lain: (Timmerhaus, 2004)

- a) Upah buruh relatif rendah.
- b) Harga tanah lebih murah.
- c) Servis industri tidak terlalu jauh dari kota.

4.1. LOKASI PABRIK

Berdasarkan faktor utama dan faktor sekunder tersebut diatas, maka lokasi Prarancangan Pabrik Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi ini direncanakan didirikan di Kampe Industrial Real Estate Banyuwani di Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur. Dasar pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan lokasi tersebut adalah:

4.1.1. Bahan baku

Jerami padi yang merupakan bahan baku utaa dan sangat mudah didapat. Kabupaten Banyuwangi cukup banyak tersedianya kawasan pertanian padi sehingga daerah ii cukup memenuhi syarat untuk didirikan pabrik Bioetanol yang berbahan baku jerami padi, yakni tersedia 853530 ton/tahun pada tahun 2015. Selain daerah banyuwangi, daerah lain seperti kabupaten Jember tersedia 998559 ton/tahun pada tahun 2015. Kabupaten Ngawi tersedia 753285 ton/tahun pada tahun 2015.

Kabupaten Bojonegoro tersedia 793172 ton/tahun pada tahun 2015. Dan kabupaten Lamongan tersedia 888412 ton/tahun pada tahun 2015. (*Badan Pusat Statistika Jawa timur, 2015*)



Gamba 4.1 Peta lokasi Kabupaten Banyuwangi (*google maps, websejarah,2018*)

4.1.2. Pemasaran Produk

Karena bioetanol merupakan produk pengganti solar yang masih baru di kalangan industri, maka sebagai langkah awal produk ini dipasarkan di wilayah Jawa Timur dan sekitarnya dengan menggunakan jalur darat dan air. Diharapkan produk ini dapat diterima dikalangan industri, sehingga kita dapat mengurangi penggunaan solar dunia.

4.1.3. Utilitas

Penggunaan utilitas air dapat diperoleh dari sungai Bajulmati dimana jaraknya sekitar 2 km dari lokasi pabrik yang dapat didistribusikan melalui penggunaan jalur perpipaan. Kuantitas air yang begitu besar menjamin penggunaan air yang cukup secara berkesinambungan. Untuk keperluan bahan bakar dapat menggunakan bioetanol dimana bahan bakar tersebut

merupakan produk pabrik ini sendiri dan penyediaan listrik diperoleh dari PLN atau pembangkit listrik yang dibangun khusus untuk keperluan sendiri.

4.1.4. Transportasi

Lokasi pra rancangan pabrik ini mempunyai fasilitas transportasi yang cukup baik untuk mengangkut bahan baku dan produk seperti jalan yang dapat ditempuh oleh kendaraan besar (truk pengangkut) tanpa hambatan, dan dengan kereta api. Serta pada jalur air tepatnya melau pelabuhan Tanjung Wangi menggunakan kapal dimana jarak pabrik ke pelabuhan Tanjung Wangi sekitar 35 km dimana pelabuhan ini merupakan jalur perdagangan air terdekat dari rancangan pabrik yang akan didirikan.

4.1.5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat diperoleh dari kota-kota sekitar lokasi pabrik maupun sekitar kabupaten Banyuwangi. Untuk tenaga kerja berpendidikan SMA, SMK atau sederajatnya dapat diperoleh dari pemukiman penduduk yang ada di sekitar lokasi pabrik, sedangkan tenaga kerja berpendidikan D3 dan S1 jurusan Ekonomi dan Teknik dapat direkrut dari berbagai Universitas atau Institusi yang ada di daerah Jawa Timur atau diluar daerah.

4.1.6. Biaya Tanah Pabrik

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dengan harga yang terjangkau Rp. 4.000.000,-/m², sehingga membuka peluang untuk perluasan pabrik nantinya.

4.1.7. Kondisi Iklim dan Cuaca

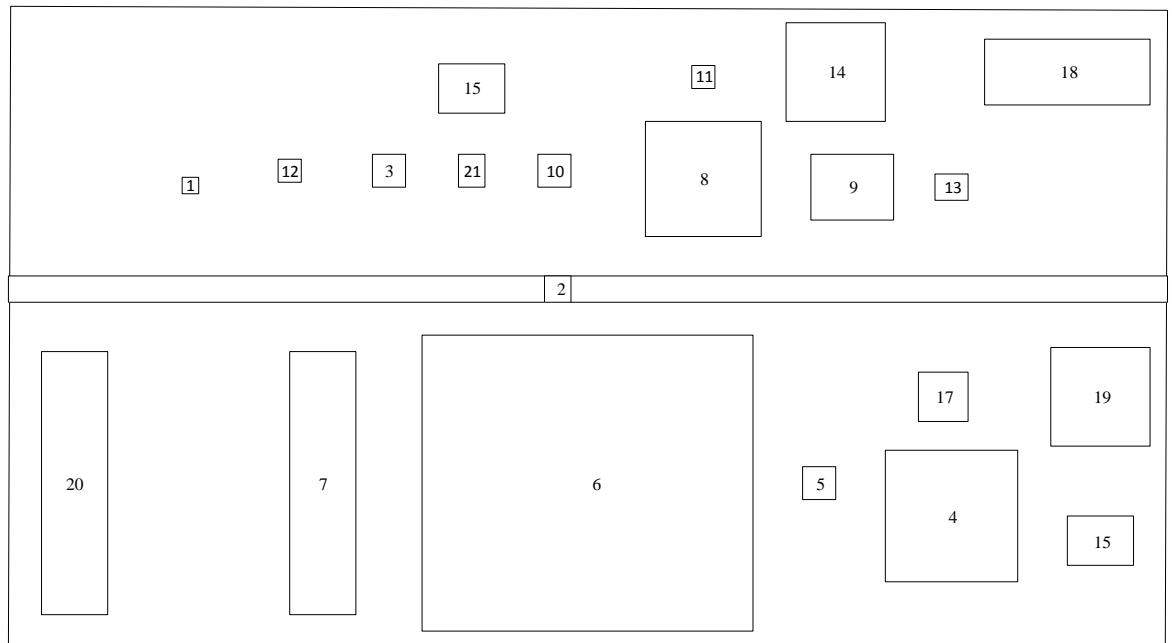
Seperti daerah lain di Indonesia, iklim di sekitar lokasi pabrik relatif stabil. Temperature udara tidak pernah mengalami penurunan maupun kenaikan yang cukup tajam dan kecepatan udaranya sedang.

4.1.8. Masyarakat di Sekitar Pabrik

Sikap dan tanggapan dari masyarakat diperkirakan mendukung pendirian pabrik ini karena dapat menyerap tenaga kerja dan pabrik ini ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan relatif kecil dan tidak berbahaya dan diperkirakan tidak mengganggu keselamatan serta keamanan masyarakat disekitarnya.

4.2. TATA LETAK PABRIK

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien antara operator, peralatan, material proses, dan bahan baku sehingga penyusunan yang teratur dan efisien dari semua peralatan dihubungkan dengan tenaga kerja yang ada di dalamnya (*Desma, 2008*).



1 : 1000

Gambar 4.2 Layout Pabrik Bioetanol dari Jerami Padi

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada penyusunan tata letak pabrik pembuatan bioetanol dari jerami padi adalah:

1. Letak Tempat

Misalnya di suatu lokasi yang agak tinggi, bila digunakan untuk menempatkan tangki penyimpanan cairan dalam tangki tersebut dapat dialirkan ke tempat yang lebih rendah tanpa menggunakan pompa. Contohnya adalah pada menara air.

2. Fasilitas

Fasilitas seperti jalur kendaraan, gudang, dan kantor sebaiknya ditempatkan dekat jalan, tujuannya untuk memperlancar arus lalu lintas.

3. Letak Alat-alat

Jika suatu produk masih perlu diolah lebih lanjut pada unit berikutnya maka unitnya dapat disusun beruruta sehingga sistem pemipaan dan penyusunan letak pompanya lebih sederhana.

4. Keamanan

Pada perancangan tata letak alat perlu dipertimbangkan pengurangan terjadinya bahaya kebakaran, peledakan, racun bagi karyawan dan bahaya mekanik yang dapat menyebabkan cacat tubuh. Oleh karena itu, sifat-sifat berbahaya dari bahan kimia yang digunakan harus diketahui. Gangguan terhadap masyarakat sekitar harus dihindari, misalnya pencemaran lingkungan berupa gangguan debu, getaran, suara, dan lain-lain.

5. *Plant Service*

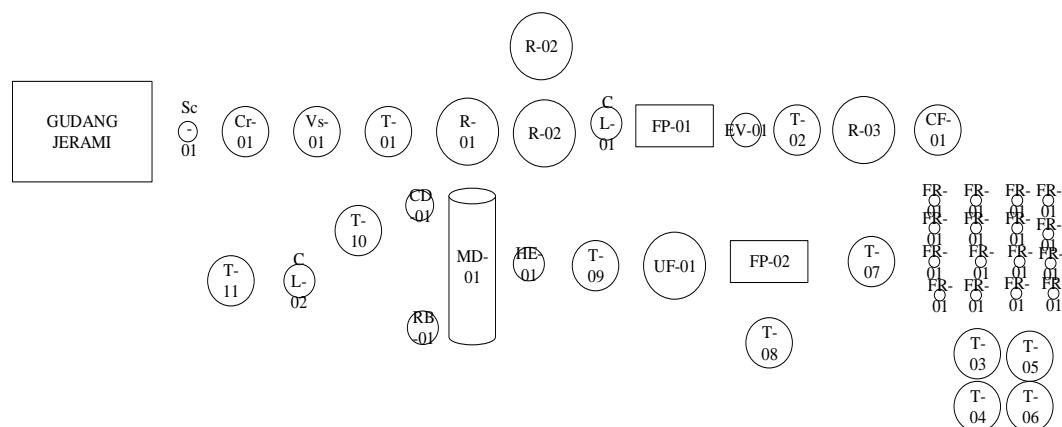
Unit pembangkit listrik dipilih di suatu tempat yang sesuai agar tidak mengganggu terhadap operasi pabrik.

4.3.TATA LETAK MESIN

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan alternatif (*area handling*) dalam posisi yang efisien

dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (*Timmerhaus, 2004*):



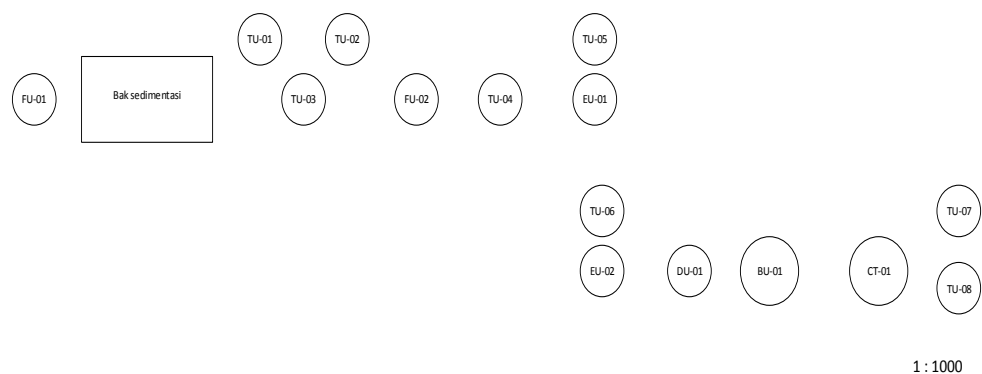
1 : 1000

Gambar 4.3 Layout Alat Unit Proses Pabrik Bioetanol

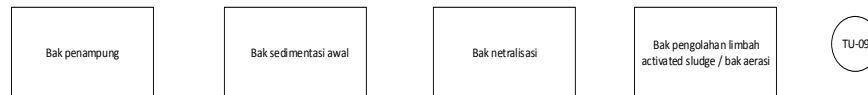
- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/ perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pegadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan
- e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemingkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga

perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.

- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak jauh dari tempat kerja.



Gambar 4.4 Layout alat Unit Utilitas Pabrik Bioetanol



1 : 1000

Gambar 4.5 Layout Alat Unit Pengolahan Limbah

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti: (*Timmerhaus, 2004*)

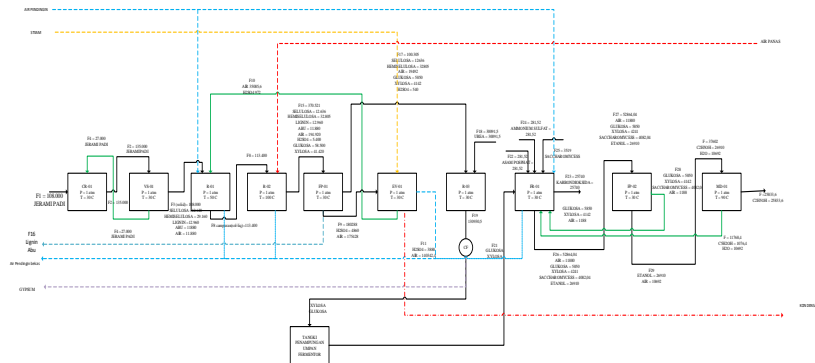
1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi *handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown*.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.

5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.

6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

4.4. ALIR PROSES DAN MATERIAL

Pada dasarnya proses pembuatan bioetanol dari jerami padi melalui beberapa tahap yaitu proses delignifikasi, hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Proses pembuatan serbuk jerami sendiri dengan cara penghancuran jerami sampai hasilnya halus kemudian diayak.



Gambar 4.6 Diagram Alir Proses Pabrik Bioetanol

Perencanaan bahan baku dalam Pra-rancangan Pabrik Bioetanol merupakan hal yang sangat penting sebelum ingin mendirikan pabrik tersebut. Ketersediaan bahan baku menjadi faktor penentu dalam proses produksi.

4.5. PELAYANAN TEKNIS UTILITAS

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan unit penunjang utama dalam sarana mempelancar jalannya proses produksi. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarananya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Berdasarkan kebutuhannya, utilitas pada pabrik pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:

4.5.1. Kebutuhan Uap (*Steam*)

Kebutuhan *steam* pada pabrik pembuatan bioetanol adalah sebesar 869523 kg/jam, yaitu pada reaktor hidrolisis, *heater*, *reboiler*, *steam ejector*. Kebutuhan uap pada pabrik pembuatan bioetanol sebagai berikut:

Tabel 4.1. Kebutuhan uap / *steam* sebagai media pemanas

Nama Alat	Jumlah Uap (Kg/Jam)
Reaktor Hidrolisis	26015
<i>Heater</i>	11
<i>Reboiler</i>	731
<i>Steam Ejector</i>	829338
Total	869523

Diperkirakan 80% kondensat dapat digunakan kembali sehingga:

Total *steam* yang menjadi kondensat = 695618kg/jam.

Kebutuhan tambahan untuk ketel uap sebesar 173905 kg/jam.

4.5.2. Kebutuhan air

Dalam proses produksi, air memegang peranan penting, baik untuk kebutuhan proses maupun kebutuhan domestik. Kebutuhan pada pabrik pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan air untuk ketel uap

Air untuk umpan ketel uap = 173905 kg/jam

2. Kebutuhan air pendingin

Kebutuhan air pendingin pada keseluruhan pabrik pembuatan bioetanol sebagai berikut.

Tabel 4.2. Kebutuhan air pendingin pada alat

Nama Alat	Jumlah Air Pendingin (Kg/Jam)
Tangki Berpengaduk	7906
<i>Cooler I</i>	213993
<i>Mixer</i>	0
Fermentor	94673
<i>Cooler II</i>	256894
Kondenser	204943,4584
Total	778410

Air pendingin bekas digunakan kembali setelah didinginkan dalam menara pendingin air. Dengan menganggap terjadi kehilangan air selama proses sirkulasi, maka air tambahan yang diperlukan adalah jumlah air yang hilang karena penguapan, *drift loss*, dan *blowdown*. (Perry,1997)

Air yang hilang karena penguapan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_e = 0,00085W_c(T_2 - T_1)$$

Dimana:

W_c = Jumlah air pendingin yang diperlukan = 778410kg/jam

T_1 = *Temperature* air pendingin yang masuk = 25 °C

$T_2 = \text{Temperature}$ air pendingin yang keluar = 45°C

Maka,

$$W_e = 23819\text{kg/jam}$$

Air yang hilang karena *drift loss* biasanya bersikar antara 0,1-0,2 % dari air pendingin yang masuk ke menara air (Perry, 1997)

Ditetapkan *drift loss* = 0,2 %

$$\text{Maka, } W_d = \text{drift loss} \times W_e = 1557\text{kg/jam}$$

Air yang hilang karena *blowdown* bergantung pada jumlah siklus air pendingin, biasanya antara 3-5 siklus (Perry,1997)

Ditetapkan = 5 siklus

$$W_b = \frac{W_e}{S - 1} = 5955 \text{ kg/jam}$$

Sehingga air tambahan yang diperlukan sebesar 31331kg/jam,

3. Kebutuhan air proses

Kebutuhan air proses pada pabrik pembuatan bioetanol adalah 56700 kg/jam yaitu yang berasal dari reaktor hidrolisis. Kebutuhan air proses pada pabrik pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3. Kebutuhan air proses pabrik bioetanol

Nama Alat	Jumlah Air (Kg/Jam)
Reaktor Hidrolisis	56700
Total	56700

4. Air untuk berbagai kebutuhan

Perhitungan kebutuhan air domestik:

Menurut *Metcalf & Eddy (1991)* kebutuhan air domestik untuk tiap orang/shift adalah 40-100 liter/hari,

diambil 100 liter/hari = 4 liter/jam

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

Maka total air domestik = 2083 liter/jam = 2083 kg/jam

Perkiraan pemakaian air untuk berbagai kebutuhan ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4.4. Kebutuhan air

Kebutuhan	Jumlah Air (Kg/Jam)
Domestik Dan Kantor	2083
Laboratorium	174
Kantin Dan Tempat Ibadah	347
Poliklinik	174
Total	2778

Kebutuhan air *make up* (W_m) = $W_e + W_d + W_b = 31331 \text{ kg/jam}$

Sehingga total kebutuhan air yang memerlukan pengolahan awal adalah = air untuk kebutuhan + kebutuhan air proses + air tambahan + kebutuhan air untuk ketel uap = 26713 kg/jam.

Sumber air untuk pabrik pembuatan bioetanol ini berasal dari Sungai Bajulmati, Wongsorejo, Banyuwangi, Jawa Timur. Untuk menjamin kelangsungan air, maka di lokasi pengambilan air dibangun fasilitas penampungan air (*water intake*) yang juga merupakan tempat pengolahan awal air sungai. Pengolahan air ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa bersama air.

Selanjutnya air dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluannya. Pengolahan air di pabrik ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

A. *Screening*

Pengendapan merupakan tahap awal dari proses pengolahan air. Pada *screening*, partikel-partikel padat yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya (Degremont, 1991).

B. Sedimentasi

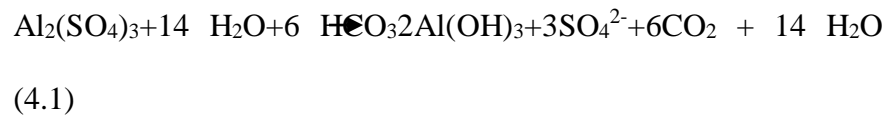
Setelah air disaring pada tahapan *screening*, di dalam air tersebut masih terdapat partikel-partikel padatan kecil yang tidak tersaring pada *screening*. Untuk menghilangkan padatan-padatan tersebut, maka air yang sudah di saring tadi dimasukkan ke dalam bak sedimentasi untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang tidak terlarut.

C. Klarifikasi

Klarifikasi merupakan proses penghilangan kekeruhan di dalam air. Air dari *screening* dialirkan ke dalam *clarifier* setelah di injeksikan larutan alum $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan larutan soda abu. Larutan aluminium sulfat berfungsi sebagai koagulan utama dan larutan soda abu sebagai pembantu untuk mempercepat pengendapan dengan penyesuaian pH (basa) dan bereaksi substitusi dengan ion-

ion logam membentuk senyawa karbonat yang kurang/tidak larut.

Reaksi koagulasi yang terjadi (*Culp et.al., 1978*):



Setelah pencampuran yang disertai pengadukan maka akan terbentuk flok-flok yang akan mengendap ke dasar *clarifier* karena gaya gravitasi, sedangkan air jernih akan keluar melimpah (*overflow*) yang selanjutnya akan masuk ke penyaring pasir (*sand filter*) untuk penyaringan.

Pemakaian larutan alum umumnya hingga 50 ppm terhadap jumlah air yang akan diolah, sedangkan perbandingan pemakaian alum dan soda abu = 1:0,54 (*Baumann, 1971*).

D. Filtrasi

Filtrasi dalam pemurnian air merupakan operasi yang sangat umum dengan tujuan menyingkirkan *suspended solid* (SS), termasuk partikulat BOD dalam air (*Metcalf & Eddy, 1991*).

Material yang digunakan dalam medium filtrasi dapat bermacam-macam: pasir, antrasit (*crushed anthracite coal*), karbon aktif granular (*Granular Carbon Active* atau GCA), karbon aktif serbuk (*Powdered Carbon Active* atau PCA) dan batu *garnet*. Penggunaan yang paling umum dipakai di Afrika dan Asia adalah pasir *gravel* sebagai bahan *filter* utama, sebab tipe lain cukup mahal (*Kawamura, 1991*).

Untuk air proses, masih diperlukan pengolahan lebih lanjut, yaitu proses *softener* dan deaerasi. Untuk air domestik, laboratorium, dan lain-lain dilakukan proses klorinasi, yaitu mereaksikan air dengan klor untuk membunuh kuman-kuman di dalam air. Klor yang digunakan biasanya berupa kaporit. Khusus untuk air minum, setelah dilakukan proses klorinasi diteruskan ke penyaringan air (*water treatment system*) sehingga air yang keluar merupakan air sehat dan memenuhi syarat-syarat air minum.

E. Demineralisasi

Air untuk umpan ketel dan pendingin pada reaktor harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut. Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi dibagi atas:

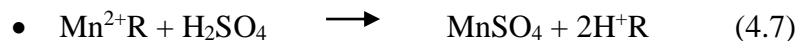
a. Penukar Kation

Penukar kation berfungsi untuk mengikat logam-logam alkali dan mengurangi kesadahan air yang digunakan. Proses yang terjadi adalah pertukaran antara kation Ca, Mg, dan kation lain yang larut dalam air dengan katio dari resin. Resin yang digunakan bertipe gel dengan merek IRR-122 (Lorch, 1981).

Reaksi yang terjadi:



Untuk regenerasi dipakai H_2SO_4 dengan reaksi:



Perhitungan Kesadahan Kation

Air sungai mengandung kation Fe^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+} masing-masing 0,52ppm, 0,02 ppm, 0,023 ppm, 75 ppm, 27 ppm, 0,024 ppm, 0,02 ppm, dan 0,784 ppm.

$$1 \text{ gr/gal} = 17,1 \text{ ppm}$$

Total kesadahan kation

$$= 0,52 + 0,02 + 0,023 + 75 + 27 + 0,024 + 0,02 + 0,784$$

$$= 103 \text{ ppm} / 17,1$$

$$= 6 \text{ gr/gal}$$

air yang diolah adalah air umpan ketel uap.

Jumlah air yang di olah = 264173kg/jam

$$= 69997 \text{ gal/jam}$$

Kesadahan air = 6gl/gal x 69997gal/jam x 24 jam/hari

$$= 10157297 \text{ gr/hari} = 10157 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan Ukuran Cation Exchanger

Jumlah air yang diolah = 69997gal/jam = 11667 gal/min

Volume resin yang diperlukan

Total kesadahan air = 10157kg/hari

Dari *Table 12.2., The Nalco Water Handbook*, diperoleh:

- Kapasitas resin : 20 kg_r/ft³

- Kebutuhan *regenerant* : 6 lb H₂SO₄/ft³resin

Jadi kebutuhan resin = 508 ft³/hari

Dari *Table 12.4., The Nalco Water Handbook*, untuk tinggi resin sebesar 30 in = 2,5 ft diperoleh:

- Diameter penukar kation : 4 ft

- Luas penampang penukar kation : 10 ft²

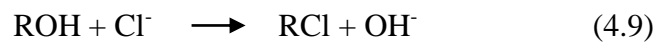
- Jumlah penukar kation : 1 unit

Sehingga volume resin yang dibutuhkan = 24ft³

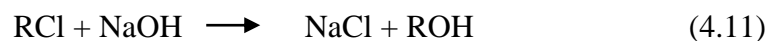
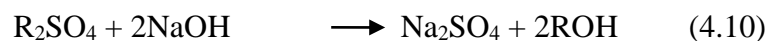
Waktu regenerasi = 0,05 hari = 1jam

b. Penukar Anion (*Anion Exchanger*)

Penukar anion berfungsi untuk menukar anion yang terdapat dalam air dengan ion hidroksida dari resin. Resin yang digunakan bermerek IRA-410. Resin ini merupakan kopolimer stirena DVB (Lorch, 1981). Reaksi yang terjadi:



Untuk regenerasi dipakai larutan NaOH dengan reaksi:



Perhitungan Kesadahan Anion

Air sungai mengandung anion Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, NO₃⁻, dan PO₄³⁻ masing-masing 60ppm, 50 ppm, 95 ppm, 0,084 ppm, dan 0,245 ppm.

$$1 \text{ gr/gal} = 17,1 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kesadahan kation} &= 60+50+95+0,084+0,245 \\ &= 205\text{ppm} /17,1 \\ &= 12\text{gr/gal} \end{aligned}$$

air yang diolah adalah air umpan ketel uap.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang di olah} &= 264173\text{kg/jam} \\ &= 69997 \text{ gal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kesadahan air} &= 12\text{gl/gal} \times 69997 \text{ gal/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 20171632\text{gr/hari} = 20172 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan Ukuran *Cation Exchanger*

$$\text{Jumlah air yang diolah} = 69997\text{gal/jam} = 1167 \text{ gal/min}$$

Volume resin yang diperlukan

$$\text{Total kesadahan air} = 10157\text{kg/hari}$$

Dari *Table 12.2., The Nalco Water Handbook*, diperoleh:

- Kapasitas resin : 12 kg/ft³
- Kebutuhan *regenerant* : 5 lb H₂SO₄/ft³resin

$$\text{Jadi kebutuhan resin} = 864\text{ft}^3/\text{hari}$$

Dari *Table 12.4., The Nalco Water Handbook*, untuk tinggi resin

sebesar 30 in = 2,5 ft diperoleh:

- Diameter penukar kation : 7 ft
- Luas penampang penukar kation : 33ft²
- Jumlah penukar kation : 1 unit

$$\text{Sehingga volume resin yang dibutuhkan} = 83 \text{ ft}^3$$

Waktu regenerasi = = 0,1 hari = 2jam

F. Deaerasi

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel. Pada *deaerator* ini, air dipanaskan hingga 90 °C supaya gas-gas yang terlarut dalam air seperti O₂ dan CO₂ dapat dihilangkan, sebab gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa ketel. Pemanasan dilakukan dengan koil pemanas di dalam *deaerator*.

4.5.3. Kebutuhan Bahan Kimia

Kebutuhan bahan kimia untuk unit utilitas pabrik pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:

- a. Al₂(SO₄)₃ = 79414 kg/jam
- b. Na₂CO₃ = 79414 kg/jam
- c. Kaporit = 1458kg/jam
- d. H₂SO₄ = 13236 kg/jam
- e. NaOH = 10589 kg/jam

4.5.4. Kebutuhan Listrik

Perincian kebutuhan listrik diperkirakan sebagai berikut:

- | | |
|-----------------------------------|----------|
| a. Unit proses | = 196 Hp |
| b. Unit utilitas | = 1276Hp |
| c. Unit pengolahan limbah | = 480 Hp |
| d. Ruang kontrol dan laboratorium | = 70 Hp |
| e. Penerangan dan kantor | = 50 Hp |
| f. Bengkel | = 50Hp |
| g. Perumahan | = 100 Hp |

Total kebutuhan listrik= $195+1276+480 +70+50+50+100$

$$= 2220\text{Hp} \times 0,7457 \text{ kW/ Hp} = 1656 \text{ kW}$$

Efisiensi generator 80% maka

Daya *output* generator = 2070 kW

4.5.5. Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik (generator) adalah minyak solar karena minyak solar efisien dan mempunyai nilai bakar yang tinggi. Sedangkan untuk ketel uap digunakan lignin sebagai bahan bakar yang merupakan hasil samping dari proses pembuatan bioetanol.

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| a. Kebutuhan bahan bakar generator | |
| - Nilai bahan bakar solar | = 19860 Btu/lbm |
| - Densitas bahan bakar | = 0,89 kg/L |
| - Daya output generator | = 2070 kW |

- Daya generator yang dihasilkan = daya output generator
= 7061805Btu/jam
- Jumlah bahan bakar = 161 kg/jam
- Kebutuhan solar = 181liter/jam

b. Kebutuhan bahan bakar ketel uap

- Uap yang dihasilkan = 264713kg/jam
- Panas laten *saturated steam* (180 °C) = 2014kJ/kg
- Panas yang dibutuhkan ketel uap = 50530318 Btu/jam
- Efisiensi ketel uap = 50%
- Panas yang disuplai = 1010720635 Btu /jam
- Nilai bahan bakar = 6680 Btu/lb
- Jumlah bahan bakar = 68631 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar total} &= 161\text{kg/jam} + 68631\text{kg/jam} \\ &= 68792 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

4.5.6. Unit Pengolahan limbah

Limbah dari suatu patik harus diolah sebelum dibuang ke badan air atau atmosfer, karena limbah tersebut mengandung bermacam-macam zat yang dapat membahayakan alam sekitar maupun manusia itu sendiri. Demi kelestarian lingkungan hidup, maka setiap pabrik harus mempunyai unit pengolahan limbah.

Sumber-sumber limbah cair pabrik pembuatan bioetanol meliputi:

1. Limbah proses

Proses pembuatan etanol dari jerami padi menghasilkan sisa air proses berupa etanol dan air.

2. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik

Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

3. Limbah domestik

Limbah ini mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah domestik dari pabrik bioetanol diolah pada *septic tank* yang tersedia di lingkungan pabrik sehingga tidak membutuhkan pengolahan tambahan.

4. Limbah laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa mutu bahan baku yang dipergunakan dan mutu produk yang dihasilkan, serta yang dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan proses. Limbah laboratorium termasuk limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sehingga dalam penanganannya harus dikirim ke pengumpul limbah B3 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengolahan

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Dalam pengelolaan limbah B3 dikirim ke PPLI Cileungsi, Bogor.

Pengolahan limbah cair pabrik ini dilakukan dengan menggunakan *activated sludge* (sistem lumpur aktif). Alasan pemilihan proses pengolahan limbah tersebut adalah:

- Limbah yang dihasilkan mengandung etanol yang merupakan bahan organik.
- Tidak terlalu membutuhkan lahan yang besar.
- Proses pengolahan ini dapat menghasilkan *effluent*BOD yang lebih rendah (Perry, 1997).

A. Bak Penampungan (BP)

Bak penampungan berfungsi sebagai tempat menampung air buangan sementara. Limbah proses, limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik, dan limbah laboratorium di tampung pada bak-bak penampung yang tersedia untuk mengendapkan padatan-padatan terlarut maupun tak terlarut dalam air buangan pabrik.

B. Bak Sedimentasi Awal

Bak sedimentasi awal berfungsi untuk menghilangkan padatan dengan cara pengendapan. Di sini terjadi pengendapan lanjut dari padatan-padatan terlarut maupun tak terlarut dalam air buangan pabrik.

C. Bak Netralisasi

Air buangan pabrik yang mengandung bahan organik mempunyai pH= 5 (*Hammer, 1998*). Limbah pabrik yang terdiri dari bahan-bahan organik harus dinetralkan sampai pH=6 (Kep.42/MENLH/10/1998). Untuk menetralkan limbah digunakan soda abu.

D. Kolam Aerasi

Proses lumpur aktif merupakan proses aerobik dimana flok biologis (lumpur yang mengandung biologis) tersuspensi di dalam campuran lumpur yang mengandung O₂. Biasanya mikroorganisme yang digunakan merupakan kultur campuran. Sebagian lumpur yang mengandung mikroorganisme akan diresirkulasi kembali ke tangki aerasi.

E. Tangki Sedimentasi

Tangki sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flok biologis dari tangki aerasi dan sebagian diresirkulasi kembali ke tangki aerasi. Air buangan olahan pabrik yang telah memenuhi standar baku mutu limbah cair dibuang ke sungai.

4.5.7. Spesifikasi Alat Utilitas

4.5.7.1. *Screening* (FU-01)

Fungsi: Menyaring partikel-partikel padat yang besar

Jenis : *Bar Screen*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Ukuran *screening* : Panjang = 2m

Lebar = 2m

Ukuran bar : Lebar = 5 mm

Tebal = 20 mm

Bar clear spacing : 20 mm

Slope : 30

Jumlah bar : 50 buah

4.5.7.2. Pompa *screening*(PU-01)

Fungsi: Memompa air dari sungai ke bak pengendapan

Jenis : Pompa Sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 3 ft³/s

Daya motor : 119 Hp

4.5.7.3. Bak Sedimentasi

Fungsi: Mengendapkan lumpur yang terikut dengan air

Jumlah : 2 unit

Jenis : *Grift Chamber Sedimentation*

Aliran : Horizontal sepanjang bak sedimentasi

Bahan konstruksi : Beton kedapa air

Kondisi Operasi : Temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm

Kapasitas : 264713kg/jam

Panjang : 30 ft

Lebar : 4 ft

Tinggi : 15 ft

Waktu retensi : 11menit

4.5.7.4. Pompa Sedimentasi(PU-01)

Fungsi : Memompa campuran dari bak sedimentasi

Jenis : Pompa

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 3 ft³/s

Daya motor : 119 Hp

4.5.7.5. Tangki Pelarutan Alum (TU-01)

Fungsi : Membuat larutan alum

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi pelarutan	: Temperature 30 °C dan tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	:25698 m ³
Diameter	: 32 m
Tinggi	: 32 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 balde turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 8 Hp

4.5.7.6. Pompa Alum (PU-02)

Fungsi	: Memompa alum dari tangki alum
Jenis	: Pompa injeksi
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	:1 ft ³ /s
Daya motor	: 36 Hp

4.5.7.7. Tangki Pelarutan Soda Abu (TU-02)

Fungsi	: Membuat larutan soda abu
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Kondisi pelarutan	: Temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 27013m ³
Diameter	: 33 m

Tinggi	:33 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 8 Hp

4.5.7.8. Pompa Soda Abu (PU-04)

Fungsi: Memompa soda abu dari tangki pelarutan soda abu

Jenis	: Pompa injeksi
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	: 0,3 ft ³ /s
Daya motor	: 36 Hp

4.5.7.9. Clarifier(TU-03)

Fungsi: Memisahkan endapan (flok-flok) yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu

Tipe	: <i>External Solid Recirculation Clarifier</i>
Bentuk	: Sirkular <i>design</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Kondisi operasi	: Temperatre 30 °C dan tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas air	:26713kg/jam
Diameter	: 9m
Tinggi	: 14 m
Kedalaman air	: 5 m

Daya motor : 1 Hp

4.5.7.10. Pompa *Clarifier*(PU-05)

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

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 3 ft³/s

Daya motor : 119 Hp

4.5.7.11. *Sand Filter*(FU-02)

Fungsi : Menyaring partike-partikel yang masih dibawa dalam air yang keluar dari *clarifier*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup elipsoidal

Bahan kostruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi operasi : Temperature 30 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 987m³

Diameter *sand filter* : 6 m

Tinggi *sand filter* : 32 m

4.5.7.12. Pompa Filtrasi (PU-06)

Fungsi : Memompa air dari *sand filter* ke tangki utilitas

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 3 ft³/s

Daya motor : 122 Hp

4.5.7.13. Tangki Utilitas I (TU-04)

Fungsi : Menampung air sementara dari *sand filter*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi operasi : Temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 1912 m³

Diameter : 13m

Tinggi : 13m

Tebal dinding : 1/8 in

4.5.7.14. Pompa *Cation Exchanger I*(PU-07)

Fungsi : Memompa air dari tangki utilitas I ke penukar kation

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 23 ft³/s

Daya motor : 109 Hp

4.5.7.15. Pompa *Cooling Tower I*(PU-13)

Fungsi	:Memompa air dari tangki utilitas I ke <i>cooling tower</i>
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	:0,3ft ³ /s
Daya motor	:27 Hp

4.5.7.16. Pompa Tangki Utilitas II (PU-15)

Fungsi	: Memompa air dari tangki utilitas I ke tangki utilitas II
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	:0,02 ft ³ /s
Daya motor	: 2 Hp

4.5.7.17. Tangki Pelarutan Asam Sulfat (TU-05)

Fungsi	: Membuat larutan asam sulfat
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Kondisi pelarutan	: Temperature 30 °C dan tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 6215m ³
Diameter	: 20 m

Tinggi	: 20 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 47 Hp

4.5.7.18. Pompa Asam Sulfat (PU-08)

Fungsi	: Memompa asam sulfat dari tangki pelarutan asam sulfat
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	: 0,1 ft ³ /s
Daya motor	: 12 Hp

4.5.7.19. Penukar Kation (EU-01)

Fungsi	: Mengikat kation yang terdapat dalam air umpan ketel
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup elipsoidal
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Kondisi penyimpanan	: Temperature 30 °C , tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Resin yang digunakan	: IRR-122
Silinder	: - Diameter : 1m - Tinggi : 1 m

	- Tebal	: 1/8 in
Tutup	: - Diameter	: 1m
	- Tinggi	: 0,2 m
	- Tebal	: 1/8 in

4.5.7.20. Pompa Penukar Kation (PU-09)

Fungsi	: Memompa air dari penukar kation ke penukar anion
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	: 3 ft ³ /s
Daya motor	: 119 Hp

4.5.7.21. Tangki Pelarutan NaOH (TU-06)

Fungsi	: Membuat larutan NaOH
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Kondisi pelarutan	: Temperature 30 °C dan tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 4295 m ³
Diameter	: 18 m
Tinggi	: 18 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah

Daya motor : 3 Hp

4.5.7.22. Pompa NaOH (PU-10)

Fungsi : Memompa NaOH dari tangki pelarutan NaOH ke penukar anion

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 0,1 ft³/s

Daya motor : 9 Hp

4.5.7.23. Penukar Anion (EU-02)

Fungsi : Mengikat anion yang terdapat dalam air umpan ketel

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi penyimpanan : Temperature 30 °C , tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Resin yang digunakan : IRA-410

Silinder : - Diameter : 2 m
 - Tinggi : 1 m
 - Tebal : 1/8 in

Tutup : - Diameter : 2 m
 - Tinggi : 1 m

- Tebal : 1/8 in

4.5.7.24. Pompa Penukar Anion (PU-11)

Fungsi : Memompa air dari penukar anion ke *deaerator*

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 3 ft³/s

Daya motor : 128 Hp

4.5.7.25. Tangki Pelarutan Kaporit (TU-07)

Fungsi : Membuat larutan kaporit

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi pelarutan : Temperatur 30°C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 536m³

Diameter : 9 m

Tinggi : 9 m

Jenis pengaduk : *flat 6 blade turbin impeller*

Jumlah *baffle* : 4 buah

Daya motor : 8 Hp

4.5.7.26. Pompa Kaporit (PU-16)

Fungsi : Memompa kaporit dari tangki pelarutan kaporit ke tangki utilitas II

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 0,01ft³/s

Daya motor : 1 Hp

4.5.7.27. Tangki Utilitas II (TU-08)

Fungsi : Menampung air untuk di distribusikan ke domestik

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan kostruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi operasi : Temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 60m³

Diameter : 4m

Tinggi : 4m

Tebal dinding : 1/8 in

4.5.7.28. Pompa Domestik (PU-17)

Fungsi : Memompa air dari tangki utilitas II ke kebutuhan domestik

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 0,02 ft³/s

Daya motor : 2 Hp

4.5.7.29. Menara Air Pendingin (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin bekas dari temperature 45 °C ke 25 °C

Jenis : *Mechanical Draft Cooling Tower*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi operasi : Suhu air masuk menara = 45 °C = 113 °F
Suhu air keluar menara = 25 °C = 77 °F

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 137,960766 gal/min

Luas menara : 75ft²

Tinggi : 0,2 m

Daya : 1/8 Hp

4.5.7.30. Pompa Menara Pendingin (PU-14)

Fungsi : Memompa air dari *cooling tower* ke unit proses

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 0,3ft³/s

Daya motor : 28 Hp

4.5.7.31. *Deaerator* (DU-01)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air umpan ketel uap

Bentuk : Silinder *horizontal* dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel* SA-285 grade C

Kondisi operasi : Temperatur 90° C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 7647 m³

Silinder : - Diameter : 19 m
 - Tinggi : 28 m
 - Tebal : 1/8 in

Tutup : - Diameter : 18 m
 - Tinggi : 5 m
 - Tebal : 1/8 in

4.5.7.32. Pompa *Deaerator* (PU-12)

Fungsi : Memompa air dari tangki *deaerator* ke ketel uap

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 3 ft³/s

Daya motor : 168 Hp

4.5.7.33. Ketel Uap (BU-01)

Fungsi	: Menyediakan uap untuk keperluan proses
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 26713kg/jam
Panjang <i>tube</i>	: 65 ft
Diameter <i>tube</i>	: 10 in
Jumlah <i>tube</i>	: 825 buah

4.5.7.34. Pompa Air Proses (PU-18)

Fungsi	: Memompa air dari tangki utilitas I ke unit proses
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	: 1 ft ³ /s
Daya motor	: 25 Hp

4.5.8. Spesifikasi Alat Pengolahan Limbah

4.5.8.1. Bak Penampungan

Fungsi	: Tempat menampung air buangan sementara
Bentuk	: Persegi Panjang
Bahan konstruksi	: Beton kedap air
Kondisi operasi	: Temperature 28 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 27447m³

Panjang : 53 m

Lebar : 18 m

Tinggi : 18 m

4.5.8.2. Pompa Bak Penampung (PU-19)

Fungsi : Memompa limbah dari bak penampungan ke bak pengendapan

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 2ft³/s

Daya motor : 92 Hp

4.5.8.3. Bak Pengendapan Awal

Fungsi : Tempat menghilangkan padatan dengan cara pengendapan

Bentuk : Persegi panjang

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi : Temperatur 28 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 1144 m³

Panjang : 13m

Lebar : 7 m

Tinggi : 7 m

4.5.8.4. Pompa Bak Pengendapan Awal (PU-20)

Fungsi : Memompa limbah dari bak pengendapan awal ke bak netralisasi

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 2ft³/s

Daya motor : 92 Hp

4.5.8.5. Bak Netralisasi

Fungsi : Tempat menetralkan pH limbah

Bentuk : Persegi panjang

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi : Temperature 28 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 5489m³

Panjang : 22m

Lebar : 11m

Tinggi : 11m

4.5.8.6. Pompa Bak Netralisasi (PU-21)

Fungsi : Memompa limbah dari bak netralisasi ke bak aerasi

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 2ft³/s

Daya motor : 92 Hp

4.5.8.7. Bak Aerasi

Fungsi : Mengolah limbah

Bentuk : Persegi panjang

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi : Temperatur 28 °C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 4940m³

Panjang : 49m

Lebar : 20 m

Tinggi : 6 m

4.5.8.8. Pompa Bak Aerasi (PU-22)

Fungsi : Memompa limbah dari bak aerasi ke bak sedimentasi

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 2ft³/s

Daya motor : 92 Hp

4.5.8.9. Bak Sedimentasi

Fungsi	: Mengendapkan flok biologis dari bak aerasi sebagain diresirkulasi kembali ke bak aerasi
Bentuk	: Persegi panjang
Bahan konstruksi	: Beton kedap air
Kondisi operasi	: Temperatur 28 °C dan tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 852m ³
Panjang	: 20 m
Lebar	: 3 m
Tinggi	: 3 m

4.5.8.10. Pompa Bak Sedimentasi (PU-23)

Fungsi	: Memompa limbah dari bak aerasi ke bak sedimentasi
Jenis	: Pompa Sentrifugal
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi:	<i>Commercial steel</i>
Kapasitas	: 2ft ³ /s
Daya motor	: 92 Hp

4.6. ORGANISASI PERUSAHAAN

Masalah organisasi merupakan hal yang penting dalam perusahaan, hal ini menyangkut efektifitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang

dihasilkan. Dalam upaya peningkatan efektifitas dan kinerja perusahaan maka pengaturan atau manajemen harus menjadi hal yang mutlak. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang (*Madura, 2000*).

4.6.1. Organisasi Perusahaan

Organisasi berasal dari kata Latin “*organum*” yang dapat berarti alat, anggota badan. James D. Mooney, mengatakan : “Organisasi adalah bentuk setiap perserikatan manusia untuk mencapai suatu tujuan bersama” , sedangkan Chester I. Barnard memberikan pengertian organisasi sebagai “Suatu sistem daripada aktivitas kerjasama yang dilakukan dua orang atau lebih”. (*Siagian, 1992*).

Dari pendapat ahli yang dikemukakan di atas dapat di ambil dari kata organisasi, yaitu kelompok orang yang sadar bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing-masing. Secara ringkas, ada tiga unsur utama dalam organisasi, yaitu (*Sutarto, 2002*):

1. Adanya kelompok
2. Adanya hubungan dan pembagian tugas
3. Adanya tujuan yang ingin dicapai

Bentuk badan usaha dalam Pra-rancangan Pabrik Pembuatan Bioetanol direncanakan adalah perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No.1 Tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya.

Syarat-syarat pendirian Perseroan Terbatas adalah:

1. Didirikan oleh dua orang atau lebih, yang dimaksud dengan “orang” adalah orang perseorangan atau badan hukum.
2. Didirikan dengan akta otentik, yaitu di hadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan, yaitu paling sedikit Rp. 20.000.000,- (dua puluh juta rupiah) atau 25% dari modal dasar tergantung mana yang lebih besar dan harus telah ditempatkan dan telah disetor.

Prosedur pendirian Perseroan Terbatas adalah:

1. Pembuatan akta pendirian di hadapan notaris.
2. Pengesahan oleh Menteri Kehakiman.
3. Pendaftaran Perseroan.
4. Pengumuman dalam tambahan berita Negara.

Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan PT adalah sebagai berikut:

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berganti-ganti.
2. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual sahamnya kepada orang lain.
3. Mudah mendapatkan modal, yaitu dari bank maupun dengan menjual saham.
4. Tanggung jawab yang terbatas dari pemegang saham terhadap utang perusahaan.
5. Penempatan pemimpin atas kemampuan pelaksanaan tugas.

4.6.2. Tugas, Wewenang, dan Tanggung jawab

Pemegang kekuasaan tertinggi pada struktur organisasi garis dan staf adalah Rapat umum Pemegang Saham (RUPS) yang dilakukan minimal satu kali dalam setahun. Bila ada sesuatu hal, RUPS dapat dilakukan secara mendadak sesuai dengan jumlah forum, RUPS dihadiri oleh pemilik saham, dewan komisaris dan direktur.

Hak dan wewenang RUPS (*Sutarto, 2002*):

1. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris dan Direktur lewat suatu sidang.
2. Dengan musyawarah dapat mengganti Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham bila mengundurkan diri.

3. Menetapkan besar laba tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, dicadangkan, atau ditanamkan kembali.

Dewan Komisaris dipilih dalam RUPS untuk mewakili para pemegang saham dalam mengawasi jalannya perusahaan. Dewan komisaris ini bertanggung jawab kepada RUPS. Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah:

1. Menentukan garis besar kebijakan perusahaan.
2. Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham.
3. Meminta laporan pertanggungjawaban Direktur secara berkala.
4. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

General manager merupakan pimpinan tertinggi yang diangkat oleh Dewan Komisaris. Adapun tugas-tugas *General manager* adalah:

1. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien.
2. Menyusun dan melaksanakan kebijakan umum pabrik sesuai dengan kebijakan RUPS.
3. Mengadakan kerjasama dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan.

4. Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.
5. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, *General Manager* dibantu oleh Manajer Produksi, Manajer Teknik, Manajer Umum dan Keuangan, Manajer Pembelia dan Pemasaran.

Staf ahli bertugas memberikan masukan, baik berupa saran, nasihat, maupun pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Sekretaris diangkat oleh Direktur untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lainnya untuk membantu Direktur dalam menangani administrasi perusahaan.

Manajer Produksi bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan masalah proses baik di bagian produksi maupun utilitas. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Produksi dibantu oleh Kepala Seksi.

Manajer Teknik bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan masalah teknik baik di lapangan maupun di kantor. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Teknik dibantu oleh Kepala Seksi. Manajer Umum dan Keuangan bertanggung

jawab langsung kepada Direktur dalam mengawasi dan mengatur keuangan, administrasi, personalia, dan humas. Manajer Pembelian dan Pemasaran bertanggung jawab kepada Direktur utama untuk mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan pembelian bahan baku dan pemasaran baku.

4.6.3. Sistem Kerja

Pabrik pembuatan Bioetanol ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam setahun secara kontinu 24 jam sehari. Berdasarkan pengaturan jam kerja, karyawan dapat digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* yaitu karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, misalnya direktur, staf ahli, manajer, bagian administrasi, bagian gudang, dan lain-lain. Jam kerja karyawan *non-shift* ditetapkan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor:Kep.234/Men/2003 yaitu 8 jam sehari atau 40 jam per minggu dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perhitungan uang lembur menggunakan acuan 1/173 dari upah sebulan (Pasal 10 Kep.234/Men/2013) dimana untuk jam kerja lembur pertama sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam. Perincian jam kerja *non-shift* adalah:

Senin-Kamis

- ~ Pukul 08.00 – 12.00 WIB → Waktu kerja
- ~ Pukul 12.00 – 13.00 WIB → Waktu istirahat
- ~ Pukul 13.00 – 17.00 WIB → Waktu Kerja

Jum'at

- ~ Pukul 08.00 – 12.00 WIB → Waktu kerja
- ~ Pukul 12.00 – 14.00 WIB → Waktu istirahat
- ~ Pukul 14.00 – 17.00 WIB → Waktu Kerja

2. Karyawan *Shift*

Untuk pekerjaan yang langsung dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi pekerjaan bergilir (*shift work*). Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga *shift*, yaitu tiap *shift* bekerja selama 8 jam termasuk 1 jam istirahat dan 15 menit pergantian *shift* dengan pembagian sebagai berikut:

- ~ *Shift* I (pagi) : 08.00-16.15 WIB
- ~ *Shift* II (sore) : 16.00-00.15 WIB
- ~ *Shift* III (malam) : 00.00-08.15 WIB

Jam kerja bergiliran berlaku bagi karyawan.

Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, setiap karyawan *shift* dibagi menjadi 4 regu dimana 3 regu kerja dan 1 regu istirahat. Pada hari minggu dan libur nasional karyawan *shift* tetap bekerja dan libur 1 hari setelah tiga kali *shift*.

Tabel 4.5. Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

Regu	Hari											
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	I	I	II	II	III	III	-	-	I	II	III	-
C	II	II	III	III	-	-	I	I	II	III	-	I
D	III	III	-	-	I	I	II	II	III	-	I	II
	-	-	I	I	II	II	III	III	-	I	II	III

3. Karyawan Borongan

Apabila diperlukan, maka perusahaan dapat menambah jumlah karyawan yang dikerjakan secara borongan selama kurun jangka waktu tertentu yang ditentukan menurut kebijaksanaan perusahaan.

4.6.4. Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Dalam melaksanakan kegiatan perusahaan/pabrik, dibuthkan susunan karyawan seperti pada stuktur organisasi. Jumlah karyawan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6. Jumlah karyawan dan kualifikasinya

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan
1	Dewan Komisaris	1	Ekonomi/Teknik (S1)
2	General Manager	1	Teknik Kimia (S1)
3	Staff Ahli	1	Teknik Kimia (S2)
4	Sekretaris	1	Sekretaris (S1 Akuntansi)
5	Manager Produksi	1	Teknik Kimia (S2)
6	Manager Teknik	1	Teknik Mesin (S2)
7	Manager Umum dan Keuangan	1	Ekonomi/Manajemen (S2)
8	Manager Pembelian dan Pengesahan	1	Ekonomi/Manajemen (S1)
9	Kepala Seksi Proses	1	Teknik Kimia (S1)
10	Kepala Seksi Laboratorium	1	Teknik Kimia (S1)
11	Kepala Laboratorium QC	1	Teknik Kimia (S1)
12	Kepala Laboratorium QA	1	Teknik Kimia (S1)
13	Kepala Seksi Utilitas	1	Teknik Kimia (S1)
14	Kepala Seksi Mesin	1	Teknik Mesin (S1)
15	Kepala Seksi Listrik	1	Teknik Elektro (S1)
16	Kepala Seksi Instrumentasi	1	Teknik Kimia (S1)
17	Kepala Seksi Pemeliharaan Pabrik	1	Politeknik (D3)
18	Kepala Seksi Keuangan	1	Ekonomi (S1)
19	Kepala Seksi Administrasi	1	Manajemen/akuntansi (S1)
20	Kepala Seksi Personalia	1	Hukum (S1)
21	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	Ilmu Komunikasi (S1)
22	Kepala Seksi Keamanan	1	ABRI
23	Kepala Seksi Pembelian	1	Manajemen Pemasaran (D3)
24	Kepala Seksi Penjualan	1	Manajemen Pemasaran (D3)
25	Kepala Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Teknik Kimia (S1)
26	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	10	SMK/Politeknik
27	Karyawan Produksi	85	SMK/Politeknik
28	Karyawan Utilitas	50	SMK/Politeknik
29	Karyawan Teknik	20	SMK/Politeknik
30	Karyawan Umum dan Keuangan	30	SMU/D1/Politeknik
31	Karyawam Pembelian dan Pemasaran	30	SMU/D1/Politeknik
32	Dokter	2	Kedokteran (S1)

Tabel 4.6. lanjutan jumlah karyawan dan kualifikasi

33	Perawat	3	Akademi Perawat (D3)
34	Petugas Keamanan	12	SMU/ Pensiunan ABRI
35	Petugas Kebersihan	26	SMU
36	Supir	5	SMU/STM
Jumlah		300	

4.6.5. Sistem Penggajian

Penggajian karyawan didasarkan kepada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, keahlian dan resiko kerja.

Tabel 4.7 Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan(Rp)	Total Gaji/Bulan (Rp)
Dewan Komisaris	1	Rp 55.000.000	Rp 55.000.000
General Manager	1	Rp 43.000.000	Rp 43.000.000
Staff Ahli	2	Rp 20.000.000	Rp 40.000.000
Sekretaris	2	Rp 15.000.000	Rp 30.000.000
Manager Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
Manager Teknik	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
Manager Umum Dan Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
Manager Pembelian Dan Pengesahan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
Kepala Seksi Proses	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Kepala Seksi Lab Qc	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Kepala Seksi Lab Qa	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000

Tabel 4.7. Lanjutan gaji karyawan

Kepala Seksi Mesin	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Listrik	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Instrumentasi	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Pemeliharaan Pabrik	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Keuangan	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Administrasi	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Personalia	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Humas	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Keamanan	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Pembelian	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala Seksi Penjualan	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Kepala K3	1	Rp	15.000.000	Rp	15.000.000
Karyawan K3	10	Rp	6.000.000	Rp	60.000.000
Karyawan Produksi	85	Rp	7.500.000	Rp	637.500.000
Karyawan Utilitas	50	Rp	5.000.000	Rp	250.000.000
Karyawan Teknik	20	Rp	7.500.000	Rp	150.000.000
Karyawan Umum Dan Keuangan	30	Rp	5.000.000	Rp	150.000.000
Karyawan Pembelian Dan Pemasaran	30	Rp	5.000.000	Rp	150.000.000
Dokter	2	Rp	5.500.000	Rp	11.000.000

Tabel 4.7. Lanjutan gaji karyawan

Perawat	3	Rp	2.500.000	Rp	7.500.000
Petugas Keamanan	12	Rp	2.000.000	Rp	24.000.000
Petugas Kebersihan	26	Rp	2.000.000	Rp	52.000.000
Supir	5	Rp	2.000.000	Rp	10.000.000
Total	300	Rp	518.000.000	Rp	2.005.000.000

4.6.6. Fasilitas Tenaga Kerja

Selain upah resmi, perusahaan juga memberika beberapa fasilitas kepada setiap tenaga kerja antara lain:

1. Fasilitas cuti tahunan.
2. Tunjangan hari raya dan bonus.
3. Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian, yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja yang meninggal dunia baik karena kecelakaan kerja sewaktu bekerja maupun di luar pekerjaan.
4. Pelayanan kesehatan secara gratis.
5. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
6. Penyediaan kantin, tempat ibadah, dan sarana olahraga.
7. Penyediaan seragam dan alat-alat pengaman (sepatu, seragam dan sarung tangan).
8. Fasilitas kendaraan untuk para manajer bagi karyawan pemasaran dan pembelian.
9. *Family Gathering Party* (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.

10. Bonus 0,5% dari keuntungan perusahaan akan didistribusikan untuk seluruh karyawan.

4.7.EVALUASI EKONOMI

Suatu pabrik harus di evaluasi kelayakan berdirinya dan tingkat pendapatannya sehingga perlu dilakukan analisa perhitungan secara teknik. Selanjutnya, perlu juga dilakukan analisa terhadap aspek ekonomi dan pembiayaannya. Hasil analisa tersebut diharapkan berbagai kebijaksanaan dapat diambil untuk pengarahannya secara tepat. Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan.

Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman untuk menentukan layak tidaknya suatu pabrik didirikan dan besarnya tingkat pendapatan yang dapat diterima dari segi ekonomi. Parameter-parameter tersebut antara lain:

4.7.1.Modal Investasi (*Capital Investment*)

Modal investasi adalah seluruh modal untuk mendirikan pabrik dari mulai menjalankan usaha sampai mampu menarik hasil penjualan.

4.7.1.1. Modal Investasi Tetap /*Fixed Capital Investment*

Modal investasi tetap adalah modal yang diperlukan untuk menyediakan segala peralatan dan fasilitas manufaktur pabrik.

Tabel 4.8. Modal investasi tetap

No	Komponen	Biaya(Rp)
1	Direct Plant Cost	Rp10.600.000.000.000
2	Contractor's fee	Rp424.500.000.000
3	Contigency	Rp1.000.000.000.000
Total (FCI)		Rp12.000.000.000.000

4.7.1.2. Modal Kerja/*Working Capital* (WC)

Modal kerja adalah modal yang diperlukan untuk memulai usaha sampai mampu menarik keuntungan dari hasil penjualan dan memutar keuangannya. Jangka waktu pengadaan biasanya antara 1-4 bulan, tergantung pada cepat atau lambatnya hasil produksi yang diterima.

Tabel 4.9. Modal kerja

No	Type of Expanse	Biaya(Rp)
1	Raw Material Inventory	Rp2.976.000.000
2	In Process Inventory	Rp2.927.000.000.000
3	Product Inventory	Rp5.900.000.000.000
4	Extended Credit	Rp7.000.000.000.000
5	Available Cash	Rp5.900.000.000.000
Total (Working Capital)		Rp21.940.000.000.000

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan total modal investasi sebesar Rp. 34.000.000.000.000,-

4.7.2. Biaya Produksi Total/*Total Production Cost (TPC)*

Biaya produksi total merupakan semua biaya yang digunakan selama pabrik beroperasi. Biaya produksi total meliputi:

4.7.2.1. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost adalah jumlah biaya semua sumber daya yang dikonsumsi dalam proses pembuatan produk (Ostwald, dkk., 2004). *Manufacturing Cost* dapat diklasifikasikan yaitu:

1. Biaya Produksi Langsung/ *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Tabel 4.10. Biaya Produksi Langsung

No	Type of Expanse	Biaya(Rp)
1	Raw Material	Rp2.700.000.000.000
2	Tenaga Kerja	Rp24.000.000.000
3	Supervisor	Rp2.400.000.000
4	Maintenance	Rp242.000.000.000
5	Plant Supplies	Rp36.000.000.000
6	Royalties and Patents	Rp201.000.000.000
7	Utility	Rp10.700.000.000.000
Total (DMC)		Rp13.900.000.000.000

2. Biaya Produksi Tak Langsung/ *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Tabel 4.11 Biaya produksi tak langsung

No	Type of Expanse	Biaya(Rp)
1	Payroll Overhead	Rp3.600.000.000
2	Laboratory	Rp2.400.000.000
3	Palant Overhead	Rp12.000.000.000
4	Packaging And Shipping	Rp1.000.000.000.000
Total (IMC)		Rp1.000.000.000.000

3. Biaya Produksi Tetap/ *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Tabel 4.12. Biaya produksi tetap

No	Type of Expanse	Biaya(Rp)
1	Depresiation	Rp968.000.000.000
2	Property Taxes	Rp121.000.000.000
3	Insurance	Rp121.000.000.000
Total (FMC)		Rp1.210.000.000.000

4.7.7. *General Expanse (GE)*

Tabel 4.13. *General Expanse*

No	Type of Expanse	Biaya(Rp)
1	Administration	Rp483.000.000.000
2	Sales Expanse	Rp805.000.000.000
3	Researched	Rp563.000.000.000
4	Finance	Rp681.000.000.000
Total (General Expanse)		Rp2.532.000.000.000

Total Biaya Produksi pada pabrik ini mencapai Rp.
18.600.000.000.000,-

4.7.3. Analisa Aspek Ekonomi

Total penjualan	= \$1462881613
	=Rp 21.500.000.000.000
Total <i>Production Cost</i>	= \$1279664537
	=Rp 18.800.000.000.000
Keuntungan sebelum pajak	= Rp2.700.000.000.000
(total penjualan – total <i>production cost</i>)	
Pajak (50-52% dari keuntungan) (diambil 51%)	
	=Rp 1.373.000.000.000
<i>(aries & newton Page 190)</i>	
Keuntungan setelah pajak	= Rp 1.319.000.000.000

4.7.3.1. Analisa Kelayakan

1. Biaya Tetap/*Fixed Cost*

Biaya tetap adalah biaya yang jumlahnya tidak tergantung pada jumlah produksi.

Tabel 4.14. *Fixed Cost*

Depresiasi	Rp968.000.000.000
Property Taxes	Rp121.000.000.000
Insurance	Rp121.000.000.000
Total (Fa)	Rp1.210.000.000.000

2. Biaya Variabel/*Variabel Cost*Tabel 4.15. *Variable Cost*

Raw Material	Rp2.700.000.000.000
Packaging and Shipping	Rp1.000.000.000.000
Utilities	Rp10.659.000.000.000
Royalties and Patents	Rp201.000.000.000
Total(Va)	Rp14.600.000.000.000

3. *Regulated Cost*Table 4.16. *Regulated Cost*

Gaji karyawan	Rp 24.000.000.000
Payroll Overhead	Rp 3.600.000.000
Supervision	Rp 2.400.000.000
Plant Overhead	Rp 12.000.000.000
Laboratory	Rp 2.400.000.000
General Expense	Rp 2.500.000.000.000
Maintenance	Rp 242.000.000.000
Plant Supplies	Rp 36.000.000.000
Total (Ra)	Rp 2.900.000.000.000

4.7.3.1.1. *Return of Investment (ROI)*

- ROI sebelum pajak (*industrial chemical 11-44%*)

$$ROI_b = \frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\% = 12\%$$

- ROI setelah pajak (*industrial chemical 11-44%*)

$$ROI_a = \frac{\text{keuntungan setelah pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\% = 5\%$$

4.7.3.1.2. *Pay out Time* (POT)

- POT sebelum pajak (*industrial chemical min 2 tahu/high risk s/d 5 tahun/low risk*)

$$POT_b = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan sebelum pajak} + \text{depresiasi}} * 1 \text{ tahun} = 5 \text{ tahun}$$

- POT setelah pajak

$$POT_b = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan setelah pajak} + \text{depresiasi}} * 1 \text{ tahun} = 7 \text{ tahun}$$

4.7.3.1.3. *Break Even Point* (BEP)

$$\text{Dimana: } BEP = \frac{Fa + (0,3 * Ra)}{Sa - Va - (0,7 * Ra)} x 100\%$$

Fa = *Fixed Capital* pada produksi maksimum/tahun

Ra = *Regulated Expanse* pada produksi maksimum

Sa = penjualan maksimum/tahun

Va = *Variable expense* dalam produksi maksimum/tahun

Maka, nilai BEP

$$BEP = \frac{Fa + (0,3 * Ra)}{Sa - Va - (0,7 * Ra)} x 100\% = 59\%$$

(BEP layak, berkisar 40-60%)

4.7.3.1.4. *Shut Down Point* (SDP)

$$SDP = \frac{0,3xRa}{Sa - Va - (0,7 * Ra)} x 100\% = 24 \%$$

4.7.3.1.5. Discounted Cash Flow (DCFR)

Umur pabrik (n) = 10 tahun

Salvage values = Depresiasi (SV)

= Rp 121.000.000.000

Cash flow (C) = *Annual Provit* + depresiasi +

finance =Rp 2.000.000.000.000

Working capital (WC) = Rp 22.000.000.000.000

Fixed capital (FC)=Rp 12.000.000.000.000

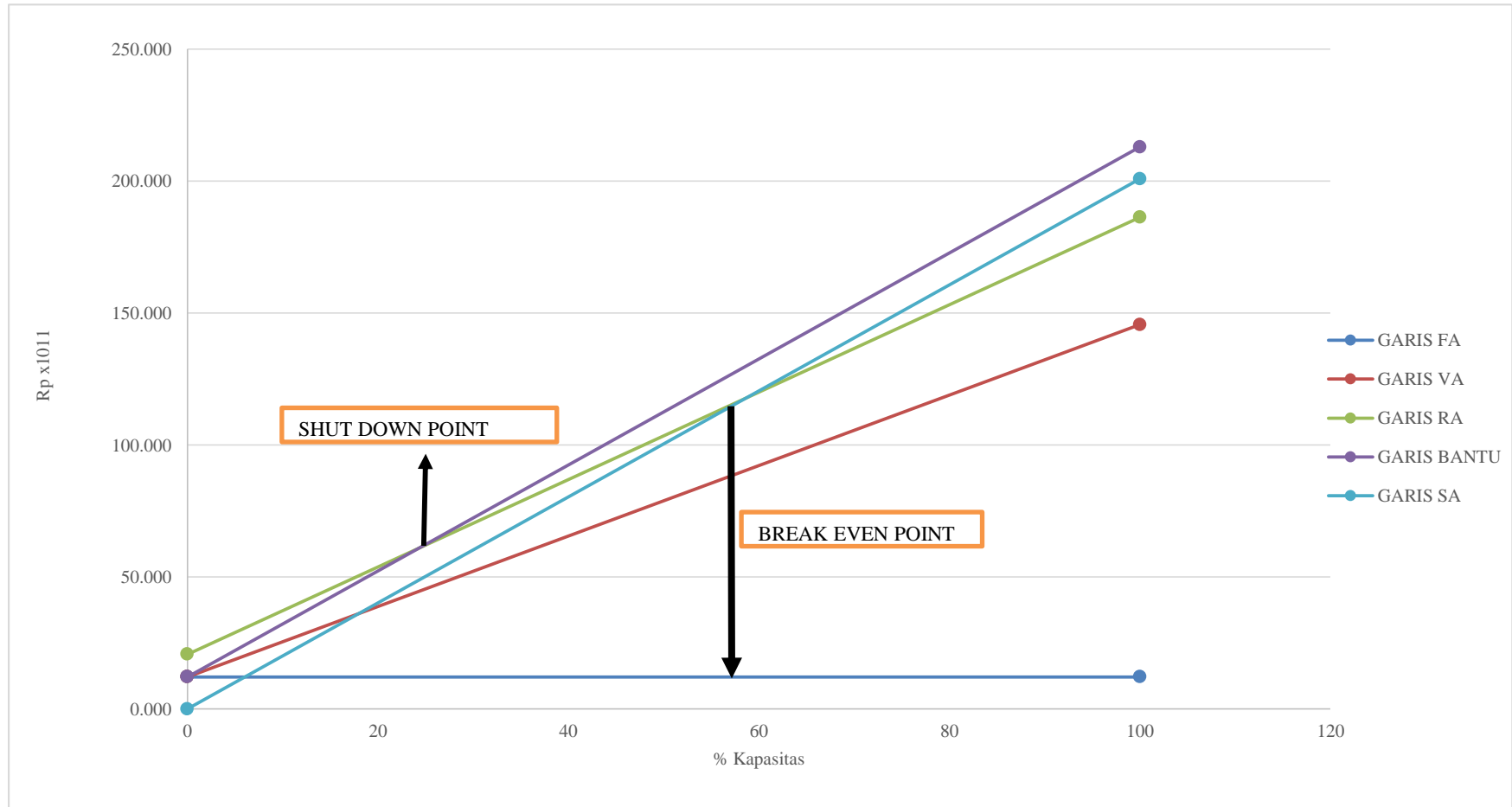
Discounted Cash Flow Rate (i) dihitung dengan cara
trial and error

$$FC + WC = \frac{C}{i} \left[1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^{10} \right] \frac{WC + SV}{(1+i)^{10}} = 0,06$$

Suku bunga pinjaman bank 2018 (suku bunga acuan) =

5%

1,5 x bunga sekarang =7%



Gambar 4.7 Grafik BEP dan SDP

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Pra-rancangan Pabrik Pembuatan Bioetanol dengan menggunakan jerami padi ini menggunakan proses berupa proses hidrolisis, fermentasi, destilasi serta evaporasi untuk mendapatkan bioetanol dengan kemurnian 99,8 %. Pabrik bioetanol ini direncanakan akan beroperasi pada kapasitas 135.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Bahan baku yang digunakan adalah jerami padi yang berasal dari limbah pertanian padi di daerah Banyuwangi. Hal ini dikarenakan limbah jerami pada daerah tersebut diperkirakan banyak sehingga perlu adanya suatu kreatifitas untuk membantu sumber daya alam. Penggunaan jerami padi pada pembuatan bioetanol ini diperkirakan akan meningkatkan nilai ekonomi dari jerami padi sehingga dapat membantu dalam perekonomian.

Pabrik ini akan didirikan di daerah Wongsorejo, kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur dengan luas tanah yang dibutuhkan sebesar 640.000 m². Direncanakan akan didirikan di kawasan industri Kampe di daerah tersebut dengan sumber air berasal dari sungai Bajulmati.

Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan/menjalankan pabrik bioetanol ini adalah sebanyak 300 orang. Pabrik ini memiliki bentuk badan usaha yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah organisasi garis dan staff. Tenaga kerja ini sebagian besar diambil dari daerah tersebut dikarenakan untuk mengurangi

tingkat pengangguran sehingga dapat meningkatkan perekonomian penduduk setempat.

Dengan mengevaluasi ekoomi pabrik bietanol ini maka akan didapatkan:

Modal Investasi Total :Rp. 34.600.000.000.000,-

Biaya Produksi :Rp. 18.800.000.000.000,-

Hasil Penjualan :Rp 20.000.000.000.000

- Keuntungan bersih :Rp 714.000.000.000
- *Break Even Point* :59 %
- *Return On Investment* :12 %
- *Pay Out Time* :5 Tahun
- *Discounted Cash Flow Rate* : 0,06
- *Shut Down Point* : 24 %

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

5.2. SARAN

Pembuatan bioetanol menggunakan jerami padi merupakan cara alternatif yang baik digunakan, karena dapat mengurangi limbah padi yang tidak memiliki nilai ekonomi tinggi. Selain penggunaan jerami padi sebagai bahan baku pembuatan bioethanol, bonggol jagung dan juga limbah dari kelapa sawit juga dapat digunakan. Dimana limbah tersebut banyak didapatkan di Indonesia. Memanfaatkan limbah pertanian maupun

perhutanan dapat membantu melindungi lingkungan dan juga dapat menaikkan nilai ekonomi dari limbah tersebut.

Pemilihan bahan baku sendiri dapat dilakukan sesuai dengan letak atau lokasi pabrik yang akan didirikan. Bila di lokasi pabrik yang akan didirikan tersebut mempunyai lahan pertanian berupa jagung dapat digunakan limbah jagung yaitu bonggol jagung sebagai bahan bakunya, begitu juga dengan limbah kelapa sawit. Dan pilihlah bahan baku yang tidak susah untuk diproses atau lebih tepatnya bahan baku yang tidak banyak membutuhkan *pre-treatment*.

Pemilihan bahan pendukung juga sangat perlu, usahakan bahan pendukung dapat digunakan kembali atau dapat menghasilkan suatu produk samping yang mempunyai nilai jual, karena pembuatan bioethanol ini harus memiliki produk samping yang dapat dijual karena bila hanya memproduksi bioethanol akan sangat sulit mendapatkan untung, dan pabrik tidak akan layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim1 2018 *Harga Bahan-Bahan Kimia* Alibaba.com

Anonim2 2018 *Material Safety Data Sheets Ethanol* (www.msdsonline.com)

Anonim3 2016 *Wikipedia.com*

Anonim4 2017 *Wikipedia.com*

Anonim5 2018 *Wikipedia.com*

Anonim6 2018 *google maps, websejarah*

Badan Pusat Statistika Jawa Timur. 2015. *Produksi Padi Daerah Jawa Timur*

Badger, P.C. 2002. *Ethanol From Cellulose : A General Review. Alexandria :*
ASHSPress

Baumann, E. Robert dan Harold E. Rabbit. 1971. *Sewerage and Sewage*
Treatment. New York : John Willey & Sons.

Bernasconi. 1995. *Teknologi Kimia. Jakarta : Pradnya Paramita*

Brownell, L.E., Young E.H. 1959. *Process Equipment Design. New Delhi: Wiley*
Eastern Ltd.

Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook. Sixth Edition. France : Lavoisier*
Publishing.

- Fengel, D., G. Wegener. 1995 . *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reakis. Diterjemahkan oleh Hardjino Sastrohamidjoyo. Cetakan I, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, hal. 124-154*
- Foust, A.S. 1979. *Principles of Unit Operation. John Wiley and Sons.London.*
- Geankoplis, Christie John. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles. 4th Edition. Pearson Education Inc. New Jersey ; USA.*
- George Brown Granger [et al.], 1896 : *Unit operations*
- Hidaka, H., T. Hamaya, and T. Adachi. 1993, *Industrial Application of cellulose, Proceeding of Mie Vioforum. Genetic, Biochemistry and Ecology of Lignocelullose Degradation. Uni Publishers Co. Ltd. P. 593-601*
- Isroi. 2009. *Karakteristik Lignosellulosa sebagai Bahan Baku Bioetanol.*
[http://:www.isroi.word-press.com](http://www.isroi.word-press.com). [10 April 2009].
- Isroi. 2009. *Potensi Biomassa Lignosellulosa Di Indonesia sebagai Bahan Baku Bioetanol, Tandan Kosong Kelapa Sawit. http://:www.isroi.wordpress.com.*
[10 April 2009].
- Kawamura. 1991. *An Integrated Calculation of Wastewater Engineering. New York:John Wiley and Sons Inc.*
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer. New York : McGraw-Hill Book Company*

- Lin, Yan, and S. Tanaka. 2006. *Ethanol fermentation from biomass resources : current state and prospects*. *Appl. Microbiol. Bioethanol*. 69:627-642
- Liu Ke-wei, Chen Tian-lang (2002). "*Studies on the thermal decomposition of ammonium sulfate*". *Chemical Research and Application (dalam bahasa Chinese)*
- Lobos, S., M. Tello, R. Polanco, L.F. Larrondo, A. Manubens, L. Salas, and R. Vicuna. 2001. *Enzymology and molecular genetics of the lignolytic system of the basidiomycete Ceriporiopsis subvermispora*. *Current Science* 81(8), 992-997
- Lorch, Walter. 1981. *Handbook of Water Purification*. Britain : McGraw-Hill BookCompany, Inc.
- Madura, Jeff. 2000. *Introduction to Business.2nd Edition*. USA: South-Western College Publishing.
- McCabe et. Al. 1999. *Operasi Teknik Kimia*. Jakarta : Penerbit Erlangga..
- Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill Book Company. New Delhi
- Montgomery, Douglas C. 1992. *Reka Bentuk dan Analisis Uji Kaji (Terjemahan)*. Kuala Lumpur: Penerbit Universiti Sains Malaysia Pulau Pinang.
- Nakatani, F., K. Minami, Y. Moriyama, S. Mitsuki, T. Kawaguchi, J. Sumitani, S. Murao, and M. Arai. 1998. *Neutral Cellulase from a Fungus*

Scopulariopsis brevicaulis TOF-1212. Preceeding of Mie Bioforum. Genetic, Biochemistry and Ecology of Lignocellulose Degradation. Uni Publishers Co. Ltd. P. 154-163

Nalco. 1988. *The Nalco Water Handbook*. 2nd Edition. McGraw-Hill Book Company. New York.

O'Brien et. al. 2009. *Ethanol Production by Continuous Fermentation*

Pervaporation : A Preliminary Economic Analysis. Wyndmoor : Elsevier Science.

Perez, J., J.M. Dorado, T. Rubia, and J. Martinez 2002. *Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin : an overview*. *Int. Microbio* 5: 53-63

Perry, R.H. 1997. *Perry's Chemical Engineering HandBook*. 8thEd. McGraw-HillBook Company. New York.

Peters, M.S; Klaus D. Timmerhaus dan Ronald E. West. 2004. *Plant Design and Economics for Chemical Engineer. 5th Edition. International Edition*. Mc.Graw-Hill. Singapore

Reid, Robert C., John M. Prausnitz, dan Bruce E. Poling. 1987. *The Properties of Gases and Liquids. 4th Edition*. R.R. Donneley&Sons Company. New York.

Reklaitis, G.V. 1983. *Introduction to Material and Energy Balance*. McGraw Hill

Book Company. New York.

Robert ,Aries. S. 1919 : *Chemical engineering cost estimation*

Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya, dan M. Nasikin. 2007. *Pemanfaatan sellulosa bagas untuk produksi etanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xylanase*, Makara, Teknologu Vol 11 No. 1, 17-24

Siagian, Sondang P. 1992. *Fungsi-fungsi Manajerial*. Jakarta : Offset Radar Jaya.

Sim, T.S., and J.C.S Oh. 1993. *Applicatin of Trichoderma reesei Cellulose for Degradation of Lignocellulosic Compounds*. Proceeding od Mie Bioforum. Genetic, Biochemstry and Ecology of Lignocellulose Degradation. Uni Publishers Co. Ltd. P. 477-481

Smith, J.M., 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 6rd Edition. McGraw- Hill Book Company. New York.

Siswanto, Suharyanto, dan R. Fitria. 2007. *Produksi dan karakteristik lakase Omphalina s. Menara Perkebunan*, 75(2), 106-115.

Sutarto. 2002. *Dasar-dasar Organisasi*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Treyball, Robert E. 1987. *Mass Transfer Operations*. USA: Mc.GrawHill Book Company.

Ulrich, G.D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and*

Economics. John Wiley and Sons. New York.

Walas, Stanley M., 1988. *Chemical Proses Equipment. Departement of Chemical and Petroleum Engineering*. University of Kansas.

Widyastuti, H., Siswanto, dan Suharyanto, 2007. *Optimasi pertumbuhan dan aktivitas enzim lignolitik Omphalina sp dan Pleurotus ostreatus pada fermentasi padat. Menara Perkebunan* , 75(2), 93-105

Wuyep, P.A, A.u. Khan, and A.J. Nok. 2003. *Production and Regulation of Lignin degrading enzymes from Lentinus squarrosulus (mont) singer and Psathyrella atroumbonata Pegler. African J. of Biotechnology* 2(!1) 444-447

LAMPIRAN

PERHITUNGAN ALAT

Kapasitas bahan baku (Jerami Padi)	: 135.000 ton / tahun
Waktu operasi	: 330 hari / tahun
Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Satuan berat	: kJ/jam
1 hari produksi	: 24 jam
Temperature Referensi	: 25 °C

Perhitungan neraca panas dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Perhitungan beban panas pada masing-masing alu masuk dan keluar

$$Q = H = \int_{T_{ref}}^T n \times C_p \times dT$$

(Smith and Van Ness, 1975)

Kapasitas panas (Cp) padatan

Dari tabel Perry, 1997 diketahui kontribusi elemen atom untuk estimasi Cp (kapasitas panas) bahan berupa padatan adalah

Tabel L-B 1. Tabel kontribusi unsur atom dengan Metode Hurst dan Harrison

Unsur	Δ_{Ei}
C	10,89
H	7,56
O	13,42
N	18,74

(Perry, 1997)

Rumus metode Hurst dan Harrison:

$$C_{pS} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \Delta_{Ei}$$

Dimana:

C_{pS} : Kapasitas panas padatan pada 298,15 K (J/mol.K)

n : Jumlah unsur atom yang berbeda dalam senyawa

N_i : Jumlah unsur atom i dalam senyawa

Δ_{Ei} : Nilai dari kontribusi unsur atom i pada tabel Perry

Perhitungan panas penguapan

$$Q = n \cdot \Delta H_{vb} \quad (\text{Smith and Van Ness, 1975})$$

Perhitungan $\Delta H_f^0 C$ (kkal/mol) dengan menggunakan metode Verma dan Doraiswamy, dimana kontribusi gugusnya

Tabel L-B 2. Panas pembentukan (kkal/mol)

Gugus	Harga
-CH ₂ -	-4,94
$\begin{array}{c} \\ -CH \end{array}$	-1,29
$\begin{array}{c} \\ -C- \end{array}$	0,62
-O-	-24,2
-OH-	-43,8
-CHO-	-29,71
-NH ₂	58,58

(Reid, 1977)

Menghitung ΔH_{f298} Selulosa ((C₆H₁₀O₅)₁₀₀₀):

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298}^0 &= 5000 \cdot (-CH-) + 3000 \cdot (-OH-) + 2000 \cdot (-O-) + 1000 \cdot (-CH_2-) \\ &= 5000 \cdot (-1,29) + 3000 \cdot (-43,8) + 2000 \cdot (-24,2) + 1000 \cdot (-4,94) \\ &= -802998000 \quad J/mol\end{aligned}$$

Menghitung ΔH_{f298} Hemiselulosa ((C₅H₈O₄)₁₀₀):

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298}^0 &= 500 \cdot (-CH-) + 300 \cdot (-OH-) + 100 \cdot (-O-) \\ &= 500 \cdot (-1,29) + 300 \cdot (-43,8) + 100 \cdot (-24,2) \\ &= -68061000 \quad J/mol\end{aligned}$$

Menghitung ΔH_{f298} Glukosa (C₆H₁₂O₆)

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298}^0 &= 6 \cdot (-OH-) + 1 \cdot (-COH-) + 4 \cdot (-CH-) + 1 \cdot (-CH_2-) \\ &= 6 \cdot (-43,8) + 1 \cdot (-29,71) + 4 \cdot (-1,29) + 1 \cdot (-4,94) \\ &= -1270962 \quad J/mol\end{aligned}$$

Menghitung ΔH_{f298} Xilosa ((C₅H₁₀O₅):

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298}^0 &= 4 \cdot (-CH-) + 1 \cdot (-O-) + 4 \cdot (-OH-) + 1 \cdot (-CH_2-) \\ &= 4 \cdot (-1,29) + 1 \cdot (-24,2) + 4 \cdot (-43,8) + 1 \cdot (-4,94) \\ &= -879900 \quad J/mol\end{aligned}$$

$$\Delta H_{f298}^0 : \quad H_2O \quad : -242760 \text{ J/mol}$$

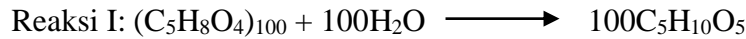
$$CO_2 \quad : -395010 \text{ J/mol}$$

$$C_2H_5OH \quad : -235704 \text{ J/mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \quad : -813498 \text{ J/mol}$$

$$(\text{NH}_2)_2\text{CO} \quad : -333510 \text{ J/mol}$$

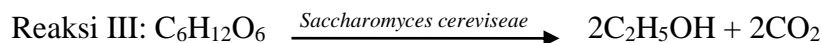
$$2\text{NH}_3 \quad : -45689,28 \text{ J/mol}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{r, 25^\circ\text{C}}^0 &= \left| \sum \sigma_i \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \right|_{\text{produk}} - \left| \sum \sigma_i \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \right|_{\text{reaktan}} \\ &= \left| 100 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 \right| - \left| 1 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot (\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4)_n + 100 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{H}_2\text{O} \right| \\ &= \left[100 \cdot (-879900) \text{ J/mol} \right] - \left[1 \cdot (-68061000) \text{ J/mol} + 100 \cdot (-242760) \text{ J/mol} \right] \\ &= 4347000 \text{ J/mol} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{r, 25^\circ\text{C}}^0 &= \left| \sum \sigma_i \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \right|_{\text{produk}} - \left| \sum \sigma_i \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \right|_{\text{reaktan}} \\ &= \left| 1000 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \right| - \left| 1 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + 1000 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{H}_2\text{O} \right| \\ &= \left[1000 \cdot (-1270962) \text{ J/mol} \right] - \left[1 \cdot (-802998000) \text{ J/mol} + 1000 \cdot (-242760) \text{ J/mol} \right] \\ &= -225204000 \text{ J/mol} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{r, 25^\circ\text{C}}^0 &= \left| \sum \sigma_i \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \right|_{\text{produk}} - \left| \sum \sigma_i \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \right|_{\text{reaktan}} \\ &= \left| 2 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{CO}_2 \right| - \left| 1 \cdot \Delta H_{f, 25^\circ\text{C}}^0 \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \right| \\ &= \left[2 \cdot (-235704) \text{ J/mol} + 2 \cdot (-395010) \text{ J/mol} \right] - \left[1 \cdot (-1270962) \text{ J/mol} \right] \\ &= 9534 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Nilai kapasitas panas (Cp) untuk masing-masing komponen:

1. Hemiselulosa (C₅H₈O₄)_n

$$\begin{aligned}C_p &= 5.\Delta E_C + 8.\Delta E_H + 4.\Delta E_O \\ &= 5.(10,89) + 8.(7,56) + 4.(13,42) \\ &= 168,61 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

2. Selulosa (C₆H₁₀O₆)_n

$$\begin{aligned}C_p &= 6.\Delta E_C + 10.\Delta E_H + 6.\Delta E_O \\ &= 6.(10,89) + 10.(7,56) + 6.(13,42) \\ &= 319,452 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

3. Xilosa C₅H₁₀O₅

$$\begin{aligned}C_p &= 4.\overset{|}{-CH} + 4.-OH + 1.-O- + 1.-CH_2 \\ &= 4.(0,62) + 4.(-43,8) + 1.(-24,2) + 1.(-4,94) \\ &= 76,06 \text{ kal/mol.K} = 319,452 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

4. Glukosa (C₅H₈O₄)_n

$$\begin{aligned}C_p &= 6.-OH- + 1.-CHO- + 4.-CH- + 1.-CH_2 \\ &= 6.(-43,8) + 1.(-29,71) + 4.(-1,29) + 1.(-4,94) \\ &= 101,72 \text{ kal/mol.K} = 427,224 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

5. Etanol C₂H₅OH

$$\begin{aligned}C_{p1} &= 112,7243 \text{ J/mol.K} && \text{(Reklaitis, 1983)} \\ C_{pg} &= 65,63 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

6. Air H₂O

$$\begin{aligned}C_{p1} &= 74,8781 \text{ J/mol.K} && \text{(Reklaitis, 1983)} \\ C_{pg} &= 33,5944 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

7. Asam Sulfat H₂SO₄

$$\begin{aligned}C_p &= 0,4766 \text{ kal/mol.K (dalam T=20}^0\text{C)} && \text{(Perry, 1997)} \\ C_p &= 13,39 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

8. Abu CaCO₃

$$\begin{aligned}C_p &= 19,68 + 0,01189T - 307600/T^2 && \text{(Perry, 1997)} \\ C_p &= 19,7594 \text{ kal/mol.K (dalam T=25}^0\text{C)} \\ C_p &= 82,9895 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

9. Lignin

$$C_p = 1700 \text{ J/mol.K}$$

10. Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

$$C_p = 18,52 + 0,0219T - 156800/T^2 \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$C_p = 23,3014 \text{ kal/mol.K (dalam } T=25 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$C_p = 97,8658 \text{ J/mol.K}$$

11. Karbondioksida CO_2

$$C_p = 10,34 + 0,00274T - 195500/T^2 \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$C_p = 8,9550 \text{ kal/mol.K}$$

$$C_p = 37,6112 \text{ J/mol.K}$$

12. Asam Phospat H_3PO_4 (pada konsentrasi 70% dan $T=20^\circ\text{C}$)

$$C_p = 0,5136 \text{ kal/mol.K} \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$C_p = 14,4299 \text{ J/mol.K}$$

13. Ammonium Sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

$$C_p = 51,6 \text{ kal/mol.K} \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$C_p = 216,72 \text{ J/mol.K}$$

14. *Saccharomyces cerevisiae*

$$C_p = 282 \text{ J/mol.K}$$

Nilai panas laten penguapan/entalpi penguapan (ΔH_{vl}) untuk komponen:

a. Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

$$\Delta H_{vl} = 38577,3 \text{ J/mol} \quad (\text{Reklaitis, 1983})$$

b. Air (H_2O)

$$\Delta H_{vl} = 40656,2 \text{ J/mol} \quad (\text{Reklaitis, 1983})$$

Tabel L-B 3. Berat molekul dan titik didih komponen

Komponen	Berat Molekul (gr/mol)	Titik Didih ($^\circ\text{C}$)
Glukosa	180	146
Xilosa	150	153
Asam Sulfat	98	340
Air	18	100
Etanol	46	78,4

(Perry, 1997)

Steam

Sebagai panas maka dipilih dengan menggunakan steam pada suhu 180°C dan tekanan 1002,7 kPa.

$$H_{vl} (180^{\circ}\text{C}) = 2014,2 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Smith, 1987})$$

Air Pendingin

Sebagai air pendingin digunakan air pada suhu 25°C dan keluar pada suhu 45°C dan 50°C.

Air (*Saturated*)

$$H(25^{\circ}\text{C}) = 104,8 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Smith, 1987})$$

$$H(45^{\circ}\text{C}) = 188,35 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Smith, 1987})$$

$$H(50^{\circ}\text{C}) = 209,34 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Smith, 1987})$$

L.B.1 Tangki Berpengaduk

$$\begin{aligned} \text{panas masuk} = & N_{Sel}^3 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Hemiselulosa}^3 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Lignin}^3 \int_{298}^{303} C_p dT + \\ & N_{Abu}^3 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Air}^3 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Asam}^5 \int_{298}^{303} C_p dT \end{aligned}$$

Tabel L-B.4. Perhitungan Panas Masuk pada Reaktor Tangki Berpengaduk

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
3	Selulosa	42120	162	260,00	2080,4	540904
	Hemiselulosa	29160	132	220,91	1686,1	372474,8182
	Lignin	12960	1500	8,64	17000	146880
	Abu	11880	100	118,80	829,895	98591,526
	Air	11880	18	660	748,781	494195,46
5	H2SO4	5400	98	55,10	133,903	7378,32857
Total						1660424,133

$$\begin{aligned}
 \text{panas keluar} = & N_{Sel}^8 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Hemiselulosa}^8 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Lignin}^8 \int_{298}^{303} C_p dT + \\
 & N_{Abu}^8 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Air}^8 \int_{298}^{303} C_p dT + N_{Asam}^8 \int_{303}^{318} C_p dT
 \end{aligned}$$

Tabel L-B.4. Perhitungan Panas Keluar pada Reaktor Tangki Berpengaduk

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
8	Selulosa	42120	162	260,00	3120,6	811356
	Hemiselulosa	29160	132	220,91	2529,15	558712,2273
	Lignin	12960	1500	8,64	25500	220320
	Abu	11880	100	118,80	1244,8425	147887,289
	Air	11880	18	660	1123,1715	741293,19
	H2SO4	5400	98	55,10	133,903	7378,32857
Total						2486947,035

Panas yang dilepaskan:

$$\begin{aligned}
 Q_c &= Q_{out} - Q_{in} \\
 &= (2486947,035 - 1660424,133) \text{ kJ/jam} \\
 &= 826522,9021 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

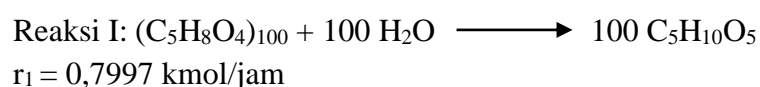
Tanda positif (+) merupakan penunjuk bahwa proses tersebut melepaskan panas sebesar 8256,9021 kJ/jam. Maka untuk memenuhi reaksi di atas ini digunakan air pendingin yang masuk pada suhu 25°C dan keluar pada suhu 50°C Sehingga jumlah air pendingin yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{Q_c}{H(50^\circ C - 25^\circ C)} \\
 &= \frac{826522,9021 \text{ kJ/jam}}{(209,34 - 104,8) \text{ kJ/kg}} = 7906,283739 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel L-B.5. Tabel Neraca Panas pada Tangki Berpengaduk

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	1660424,133	
Produk		2486947,035
Air Pendingin	826522,9021	
Total	2486947,035	2486947,035

L.B.2 Reaktor Hidrolisa



$$\Delta H_{r25^0C} = 5651100 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_{r_{100^0C}} = \Delta H_{r_{25^0C}} + \sigma_{C_5H_{10}O_5} \int_{318}^{373} C_p dT + \sigma_{(C_5H_8O_4)_{130}} \int_{318}^{373} C_p dT + \sigma_{H_2O} \int_{318}^{373} C_p dT$$

$$\Delta H_{r_{100^0C}} = 7631181 \text{ kJ/kmol}$$

$$r_1 \Delta H_{r_1} = 61002655,446 \text{ kJ/jam}$$



$$r_2 = 0,1265 \text{ kmol/jam}$$

$$\Delta H_{r25^0C} = -225204000 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_{r_{100^0C}} = \Delta H_{r_{25^0C}} + \sigma_{C_6H_{12}O_6} \int_{318}^{373} C_p dT + \sigma_{(C_6H_{10}O_5)_{1000}} \int_{318}^{373} C_p dT + \sigma_{H_2O} \int_{318}^{373} C_p dT$$

$$\Delta H_{r_{100^0C}} = -200088493 \text{ kJ/kmol}$$

$$r_1 \Delta H_{r_1} = -25311194,36 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{panas masuk reaktor hidrolisa} = \text{panas keluar tan gki berpengadu} + N_{Air}^{303} \int_{298}^{303} C_p dT$$

$$\begin{aligned} \text{panas masuk reaktor hidrolisa} &= (2486947,035 + 1179330,075) \text{ kJ/jam} \\ &= 3666277,11 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{panas keluar} &= N_{Selulosa}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + N_{Hemiselulosa}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + N_{Lignin}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + \\ &N_{Abu}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + N_{Glukosa}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + N_{xylosa}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + N_{Air}^{12} \int_{318}^{373} C_p dT + N_{Asam}^{12} \int_{318}^{378} C_p dT \end{aligned}$$

Tabel L-B. 6. Perhitungan Panas Keluar pada Reaktor Hidrolisa

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
12	Selulosa	12636	162	78	10402	811356
	Hemiselulosa	32805	132	248,5227	8430,5	2095170,852
	Lignin	12960	1500	8,64	85000	734400
	Abu	11880	100	118,8	4149,475	492957,63
	Air	194920	18	10828,889	3743,905	40542331,26
	Asam Sulfat	5400	98	55,10204	669,515	36891,64286
	Glukosa	58500	180	325	21361,2	6942390
	Xylosa	41420	150	276,133	15972,6	4410567,28
Total						56066064,66

Panas yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= (56066064,66 - 3666277,11) \text{ kJ/jam} \\ &= 52399787,55 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Sebagai sumber panas digunakan steam sebesar 180°C. Banyak steam yang dibutuhkan:

$$m = \frac{Q}{H_{vl}}$$

$$= \frac{52399787,55 \text{ kJ/jam}}{2014,2 \text{ kJ/kg}} = 26015,18596 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.7. Tabel Neraca Panas pada Reaktor Hidrolisa

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	2486947,035	
Produk		56066064,66
Panas reaksi	-19208538,92	
Steam	52399787,55	
Total	35678195,67	56066064,66

L.B.3 Cooler I

$$\text{Panas Masuk Cooler I} = \text{Panas Keluar Alur 12}$$

$$= 56066064,66 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{panas keluar} = N_{\text{Selulosa}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT + N_{\text{Hemiselulosa}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT + N_{\text{Lignin}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT +$$

$$N_{\text{Abu}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT + N_{\text{Glukosa}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT + N_{\text{xylosa}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT + N_{\text{Air}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT + N_{\text{Asam}}^{15} \int_{373}^{303} C_p dT$$

Tabel L-B. 8. Perhitungan Panas Keluar pada Cooler

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	∫Cp dT	Q (kJ/jam)
15	Selulosa	12636	162	78	-14562,8	-1135898,4
	Hemiselulosa	32805	132	248,5227	-11802,7	-2933239,193
	Lignin	12960	1500	8,64	-119000	-1028160
	Abu	11880	100	118,8	-5809,265	-690140,682
	Air	194920	18	10828,889	-5241,467	-56759263,76
	Asam Sulfat	5400	98	55,10204	-937,321	-51648,3
	Glukosa	58500	180	325	-29905,68	-9719346
	Xylosa	41420	150	276,133	-22361,64	-6174794,192
	Total					-78492490,52

Panas yang dilepaskan:

$$Q_c = Q_{in} + Q_{out}$$

$$= (56066064,66 + (-78492490,52)) \text{ kJ/jam}$$

$$= -22426425,86 \text{ kJ/jam}$$

Air pendingin yang dibutuhkan:

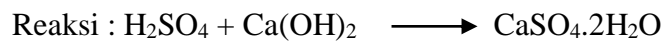
$$m = \frac{Q_c}{H(25^\circ C - 45^\circ C)}$$

$$= \frac{-22426425,86 \text{ kJ/jam}}{(104,8 - 209,34) \text{ kJ/kg}} = 2684419,2204 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.9. Tabel Neraca Panas pada Cooler

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	56066064,66	
Produk		-78492490,52
Air Pendingin	22426425,86	
Total	78492490,53	-78492490,52

L.B.4 Mixer



$r_1 = 11,2959 \text{ kmol/jam}$

$\Delta H_{r30^\circ C} = -105252 \text{ kJ/kmol}$

$$\Delta H_{r30^\circ C} = \Delta H_{r25^\circ C} + \sigma_{NH_3} \int_{298}^{303} C_p dT + \sigma_{H_2O} \int_{298}^{303} C_p dT + \sigma_{H_2SO_4} \int_{298}^{303} C_p dT + \sigma_{Ca(OH)_2} \int_{298}^{303} C_p dT$$

$$\Delta H_{r30^\circ C} = -103543,5975 \text{ kJ/kmol}$$

$$r_1 \Delta H_{r1} = -1169618,123 \text{ kJ/jam}$$

$$panas \text{ masuk} = N_{Glukosa}^{17} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{xylosa}^{17} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{Air}^{17} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{Asam}^{17} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{Ca(OH)_2}^{18} \int_{303}^{303} C_p dT$$

Tabel L-B.10. Perhitungan Panas Masuk pada Reaktor Mixer

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
17	Glukosa	5850	180	32,5	0	0
	Xylosa	4142	150	27,613	0	0
	Asam Sulfat	540	98	5,5102	0	0
	Air	19492	18	1082,889	0	0
18	Ca(OH) ₂	30091,5	75	401,22	0	0
Total						0

$$panas \text{ keluar} = N_{Glukosa}^{19} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{xylosa}^{19} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{Air}^{19} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{Gypsum}^{19} \int_{303}^{303} C_p dT$$

Tabel L-B.11. Perhitungan Panas Keluar pada Reaktor Mixer

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
17	Glukosa	5850	180	32,5	0	0
	Xylosa	4142	150	27,613	0	0
	Gypsum	749,387755	136	5,5102	0	0
	Air	19492	18	1082,889	0	0
Total						0

Panas yang dilepaskan:

$$\begin{aligned}
 Q_c &= Q_{in} - Q_{out} + r_1 \Delta H_{r1} \\
 &= (0 - 0 + (1169618,123)) \text{kJ/jam} \\
 &= 1169618,123 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

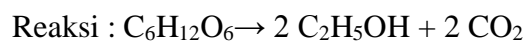
Maka air pendingin yang diperlukan:

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{Q_c}{H (30^\circ \text{C} - 125,74^\circ \text{C})} \\
 &= \frac{-1169618,123 \text{ kJ/jam}}{(125,74 - 30) \text{ kJ/kg}} = \infty \text{ kg/jam} \approx 0 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel L-B.12. Tabel Neraca Panas pada *Mixer*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	0	
Produk		0
Air Pendingin	0	
Total	0	0

L.B.5 Fermentor



$$r_1 = 113,8474 \text{ kmol/jam}$$

$$\Delta H_{r25^\circ \text{C}} = 9534 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_{r30^\circ \text{C}} = \Delta H_{r25^\circ \text{C}} + \sigma_{C_3H_5OH} \int_{298}^{303} C_p dT + \sigma_{CO_2} \int_{298}^{303} C_p dT + \sigma_{C_6H_{12}O_6} \int_{298}^{303} C_p dT$$

$$\Delta H_{r30^\circ \text{C}} = 12702,53179 \text{ kJ/kmol}$$

$$r_1 \Delta H_{r1} = 1446150,218 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{panas masuk} = & N_{\text{Glukosa}}^{21} \int_{303}^{318} C_p dT + N_{\text{xylosa}}^{21} \int_{303}^{318} C_p dT + N_{\text{Air}}^{21} \int_{303}^{318} C_p dT + N_{\text{H}_3\text{PO}_4}^{22} \int_{303}^{318} C_p dT + \\
 & N_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}^{24} \int_{303}^{303} C_p dT + N_{\text{Saccharomyces cerevisiae}}^{25} \int_{303}^{303} C_p dT
 \end{aligned}$$

Tabel L-B.13. Perhitungan Panas Masuk pada Fermentor

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
22	H ₃ PO ₄	281,52	98	2,87265	288,598	829,0419
24	(NH ₄) ₂ SO ₄	281,52	132	2,1327	4334,4	9244,093
25	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3519	200	17,595	5640	99235,8
21	Glukosa	58500	180	325	8544,48	2776956
	Xylosa	4142	150	27,613	6389,04	176422,6912
	Air	11880	18	660	1497,562	988390,92
Total						4051078,546

$$\begin{aligned}
 \text{panas keluar} = & N_{\text{CO}_2}^{23} \int_{318}^{303} C_p dT + N_{\text{Glukosa}}^{26} \int_{318}^{303} C_p dT + N_{\text{Xylosa}}^{26} \int_{318}^{303} C_p dT + N_{\text{Air}}^{26} \int_{318}^{303} C_p dT + \\
 & N_{\text{Etanol}}^{26} \int_{318}^{303} C_p dT
 \end{aligned}$$

Tabel L-B.14. Perhitungan Panas Keluar pada Fermentor

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
23	CO ₂	25740	98	585	-752,224	-440050,793
26	Glukosa	5850	180	32,5	-8544,48	-277695,6
	Xylosa	4142	150	27,613	6389,04	176422,6912
	Etanol	26910	46	585	-1312,6	-767871
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4082,04	200	20,4102	-5640	-115113,528
	Air	11880	18	660	-1497,56	-988390,92
Total						-2412699,15

Panas yang dilepaskan:

$$Q_c = Q_{in} - Q_{out} + r_1 \Delta H_{r1}$$

$$= (4051078,546 - (-2423699,15) + (1446150,218)) \text{kJ/jam}$$

$$= 7909927,913 \text{ kJ/jam}$$

Maka air pendingin yang diperlukan:

$$m = \frac{Q_c}{H (45^\circ C - 25^\circ C)}$$

$$= \frac{7909927,913 \text{ kJ/jam}}{(188,35 - 104,8) \text{ kJ/kg}} = 94672,9852 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.15. Tabel Neraca Panas pada Fermentor

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	4051078,546	
Produk		-2412699,15
Panas Reaksi	1446150,218	
Air Pendingin		7909927,913
Total	5497228,764	5497228,764

L.B.6 Heater

$$panas \text{ masuk} = N_{Etanol}^{31} \int_{303}^{363} C_p dT + N_{Air}^{31} \int_{303}^{363} C_p dT$$

Tabel L-B.16. Perhitungan Panas Masuk pada Heater

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
31	Etanol	21,6798	46	0,4713	3937,8	1855,88514
	Air	344,9916	18	19,1662	4492,686	86107,71841
Total						87963,60355

$$panas \text{ keluar} = N_{Etanol}^{32} \int_{303}^{363} C_{pl} dT + N_{Etanol}^{32} \cdot \Delta H_{vl} + N_{Etanol}^{32} \int_{303}^{363} C_{pv} dT + N_{Air}^{32} \int_{303}^{363} C_p dT$$

Tabel L-B.17. Perhitungan Panas Keluar pada Heater

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
32	Etanol	21,6798	46	0,4713	49278,558	23224,98
	Air	344,9916	18	19,1662	4492,686	86107,71841
Total						109332,7

Panas yang dibutuhkan:

$$Q_c = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= (109332,7 - 87963,60355) \text{ kJ/jam}$$

$$= 21369,09925 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga steam yang dibutuhkan:

$$m = \frac{Q_c}{H_{vl}}$$

$$= \frac{21369,09925 \text{ kJ/jam}}{2014,2 \text{ kJ/kg}} = 10,60922 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.18. Tabel Neraca Panas pada Heater

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	87963,60355	
Produk		109332,7028
Steam	21369,09925	
Total	109332,7028	109332,7028

L.B.7 Kondenser

$$panas \text{ masuk} = N_{E \text{ tan of}}^{37} \int_{363}^{353} Cpl \, dT + N_{E \text{ tan of}}^{37} \cdot \Delta Hvl + N_{E \text{ tan of}}^{37} \int_{363}^{353} Cpv \, dT + N_{Air}^{37} \int_{363}^{353} Cp \, dT$$

Tabel L-B.19. Perhitungan Panas Masuk pada Kondenser

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int CpdT$	Q (kJ/jam)
37	Etanol	103188,55	46	2243,229	36793,757	82536835,52
	Air	41029,39	18	2279,41	-748,781	-1796779,315
Total						80830056,2

$$panas \text{ keluar} = N_{E \text{ tan of}}^{38} \int_{333}^{353} Cpl \, dT + N_{E \text{ tan of}}^{38} \cdot \Delta Hvl + N_{E \text{ tan of}}^{38} \int_{333}^{353} Cpv \, dT + N_{Air}^{38} \int_{333}^{353} Cp \, dT$$

Tabel L-B.20. Perhitungan Panas Keluar pada Kondenser

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int CpdT$	Q (kJ/jam)
38	Etanol	103188,55	46	2243,229	42144,386	94539523,52
	Air	41029,39	18	2279,41	1497,562	3413558,63
Total						97953082,15

Panas yang dilepaskan;

$$Q_c = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= (97953082,15 - 80830056,2) \text{ kJ/jam}$$

$$= 17123025,95 \text{ kJ/jam}$$

Maka air pendingin yang diperlukan:

$$m = \frac{Q_c}{H (25^{\circ}C - 45^{\circ}C)}$$

$$= \frac{17123025,95 \text{ kJ/jam}}{(104,8 - 188,35) \text{ kJ/kg}} = 204943,4584 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.21. Tabel Neraca Panas pada Kondenser

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	80830056,2	
Produk		97953082,15
Air pendingin	17123025,95	
Total	97953082,15	97953082,15

L.B.8 Reboiler

$$\text{panas masuk} = N_{E \text{ tan ol}}^{33} \int_{363}^{373} C_{p_i} dT + N_{E \text{ tan ol}}^{33} \cdot \Delta H_{vl} + N_{E \text{ tan ol}}^{33} \int_{363}^{373} C_{p_v} dT + N_{Air}^{33} \int_{363}^{373} C_p dT$$

Tabel L-B.22. Perhitungan Panas Masuk pada Reboiler

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
33	Etanol	26901,72	46	584,82	40360,843	23603828,2
	Air	10695,78	18	594,21	748,781	444933,158
Total						24048761,36

$$\text{panas keluar} = N_{E \text{ tan ol}}^{34} \int_{363}^{373} C_{p_i} dT + N_{E \text{ tan ol}}^{34} \cdot \Delta H_{vl} + N_{E \text{ tan ol}}^{34} \int_{363}^{373} C_{p_v} dT + N_{Air}^{34} \int_{363}^{373} C_p dT +$$

$$N_{E \text{ tan ol}}^{36} \int_{363}^{373} C_{p_i} dT + N_{E \text{ tan ol}}^{36} \cdot \Delta H_{vl} + N_{E \text{ tan ol}}^{36} \int_{363}^{373} C_{p_v} dT + N_{Air}^{36} \int_{363}^{373} C_p dT$$

Tabel L-B.23. Perhitungan Panas Keluar pada Reboiler

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
34	Etanol	21,6798	46	0,4713	40360,843	19022,06531
	Air	344,9916	18	19,1662	748,781	14351,2864
36	Etanol	26880,0402	46	584,3487	38577,3	22542595,1
	Air	10350,7884	18	575,0438	0	0
Total						22575968,46

Panas yang dibutuhkan:

$$Q_c = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= (22575968,46 - 24048761,36) \text{ kJ/jam}$$

$$= -1472792,905 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga steam yang dibutuhkan:

$$m = \frac{Q_c}{H_{vl}}$$

$$= \frac{-1472792,905 \text{ kJ/jam}}{2014,2 \text{ kJ/kg}} = -731,2049 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.24. Tabel Neraca Panas pada Reboiler

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	24048761,36	
Produk		22575968,46
Steam	-1472792,905	
Total	22575968,46	22575968,46

L.B.9 Evaporator

$$panas \text{ masuk} = N_{Asam \text{ Sulfat}}^9 \int_{303}^{373} C_p \, dT + N_{Air}^9 \int_{303}^{373} C_p \, dT$$

Tabel L-B.25. Perhitungan Panas Masuk pada Evaporator

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
9	Asam Sulfat	5400	98	55,1020	937,321	51648,3
	Air	11880	18	660	5421,467	3459368,22
Total						3522016,52

$$panas \text{ masuk} = N_{Asam \text{ Sulfat}}^{10} \int_{303}^{373} C_p \, dT + N_{Air}^{10} \int_{303}^{373} C_p \, dT + N_{Air}^{14} \int_{303}^{373} C_p \, dT + N_{Air}^{14} \cdot \Delta H_{vl}$$

Tabel L-B.26. Perhitungan Panas Keluar pada Evaporator

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
10	Asam Sulfat	1080	98	11,0204	133,903	1475,6657
	Air	2376	18	132	748,781	98839,092
14	Asam Sulfat	9504	98	528	748,781	30450078
	Air	4320	18	44,082	133,903	5902,6629
Total						30556295,32

Panas yang dibutuhkan:

$$Q_c = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= (30556295,32 - 3511016,52) \text{ kJ/jam}$$

$$= 27045279 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga steam yang dibutuhkan:

$$m = \frac{Q_c}{H_{vl}}$$

$$= \frac{27045279 \text{ kJ/jam}}{2014,2 \text{ kJ/kg}} = 13427,30553 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.27. Tabel Neraca Panas pada Evaporator

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	3511016,52	
Produk		30556295,32
Steam	27045279	
Total	30556295,32	30556295,32

L.B.10 Cooler II

$$panas \text{ masuk} = N_{Etanol}^{40} \int_{353}^{303} C_{p_i} dT + N_{Etanol}^{40} \cdot \Delta H_{vl} + N_{Air}^{40} \int_{353}^{303} C_p dT$$

Tabel L-B.27. Perhitungan Panas Masuk pada Cooler II

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
40	Etanol	26910	46	585	32941,085	19270534,7
	Air	10692	18	594	-3743,905	-2223879,57
Total						17046655,2

$$panas \text{ keluar} = N_{Etanol}^{41} \int_{303}^{353} C_{p_i} dT + N_{Etanol}^{41} \cdot \Delta H_{vl} + N_{Air}^{41} \int_{303}^{353} C_p dT$$

Tabel L-B.28. Perhitungan Panas Masuk pada Cooler II

Alur	Komponen	Massa (kg)	BM (kg/kmol)	N (kmol)	$\int C_p dT$	Q (kJ/jam)
33	Etanol	26910	46	585	44213,515	25864906,3
	Air	10692	18	594	3743,905	2223879,57
Total						28088785,8

Panas yang dilepaskan;

$$Q_c = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= (28088785,8 - 17046655,2) \text{ kJ/jam}$$

$$= 11042130,7 \text{ kJ/jam}$$

Maka air pendingin yang diperlukan:

$$m = \frac{Q_c}{H (45^{\circ} C - 25^{\circ} C)}$$

$$= \frac{11042130,7 \text{ kJ/jam}}{(188,35 - 104,8) \text{ kJ/kg}} = 132161,9472 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-B.29. Tabel Neraca Panas pada *Cooler II*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	17046655,2	
Produk		28088785,8
Air pendingin	11042130,7	
Total	28088785,8	28088785,8

Perhitungan Reaktor yang digunakan untuk proses

Tangki Berpengaduk

Fungsi : Tempat *pre-treatment* jerami padi

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup
elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : temperature = 50⁰C

Tekanan = 1 atm = 14,696 psia

Laju massa = 141750 kg/jam

Kebutuhan perancangan : 2 jam

Faktor keamanan : 20%

Tabel L-C.1. Neraca masuk Tangki Berpengaduk

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	volume (m ³ /jam)
Selulose	42120	1500	28,08
Hemiselulosa	29160	1110	26,27027027
Lignin	12960	1060	12,22641509
Abu	11880	600	19,8
Air	11880	997	11,91574724
H ₂ SO ₄	5400	1840	2,934782609
Jumlah	113400		101,2272152

$$\rho_{campuran} = \frac{F_{Tot}}{Q_{Tot}} = \frac{113400}{101,2272152} = 1120,2521 \text{ kg/m}^3$$

Perhitungan :

A. Volume bahan

$$V_i = \frac{141.750 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2 \text{ jam}}{1120,252 \text{ kg/m}^3} = 203 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tiap tangki, } V_t = (1 + 0,2) \times 202,4544304 \text{ m}^3 = 243 \text{ m}^3$$

B. Diameter dan tinggi tangki

- Volume *shell* tangki (V_s), asumsi $D_s : H_s = 1 : 1$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_s^2 H_s$$

$$V_s = \frac{\pi}{6} D_s^2 H_e$$

- Volume tutup tangki (V_e), asumsi $D_s : H_e = 4 : 1$

$$V_s = \frac{1}{4}\pi D_s^3$$

$$V_s = \frac{\pi}{24} D_s^3$$

- Volume tangki (V_t)

$$V_t = V_s + V_e$$

$$V_s = \frac{7}{24}\pi D_s^3$$

$$D_s^3 = 265 \text{ m}^3$$

$$D_s = 6 \text{ m} = 253 \text{ in}$$

$$H_s = 6 \text{ m}$$

- C. Diameter dan tinggi tutup

Diameter tutup = diameter tangki = 6 m

Tinggi *head*, $H_e =$

$$H_e = \frac{1}{4} \times D_s = 2 \text{ m}$$

Total tinggi tangki, $H_t = H_s + H_e = 8 \text{ m}$

- D. Tebal *shell* tangki

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$$

Dimana ,

$t =$ Tebal *shell* (inch)

P = Tekanan desain (psia)

D = Diameter dalam tangki (*inch*)

S = Allowable stress = 13.700 psia (*Stanley M. Wallas*)

E = Joint efficiency = 85%

Volume larutan = 203 m³

Volume tangki = 243 m³

$$\text{Tinggi larutan dalam tangki} = \frac{203}{243} \times 8 = 7 \text{ m}$$

Tekanan Hidrostatik :

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times g \times h = 73480 \text{ Pa} = 11 \text{ psia}$$

Faktor keamanan = 20%

Maka,

$$P \text{ design} = (1 + 0,2) \times 10,65736 \text{ psia} = 30 \text{ psia}$$

Maka, tebal *shell* yang dibutuhkan = 0,3 in = 1 cm

Tebal *shell* standar yang digunakan = ½ in (*Brownell, 1959*)

E. Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*

Maka, tebal tutup tangki yang digunakan = ½ in

F. Rancangan system pengaduk

Jenis pengaduk : Turbin impeller daun enam baffle 4 buah

Untuk turbin standart (*Geankoplis, 2003*), diperoleh

$$Da/Dt = 1/3 = 0,3$$

$$Da = 2,14178 \text{ m}$$

$$L/Da = 1/4 = 0,25$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$W/Da = 1/5$$

$$W = 0,4 \text{ m}$$

$$J/Dt = 1/12$$

$$J = 0,01 \text{ m}$$

Dimana :

Dt = Diameter tangki

Da = Diameter impeller

L = Panjang *blade* pada turbin

W = Lebar *blade* pada turbin

J = Lebar *baffle*

Kecepatan pengadukan, N = 0,5 putaran/detik

Densitas campuran = 1120 kg/m^3

Viskositas campuran μ_c pada $50^\circ \text{C} = 0,00549 \text{ Pa} = 5,49 \text{ cP}$

Viskositas *slurry* pada 50°C diasumsikan mendekati viskositas larutan

Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho x N (Da)^2}{\mu_c} = 468021$$

$N_{re} > 10.000$ maka perhitungan pengadukan dengan menggunakan rumus

$$P = N_p N^3 D a^5 \rho$$

Dari Fig 3-4-4 (*Geankoplis, 2003*) untuk *flat six blade* turbin didapat nilai

$$N_p = 5 \quad N_p N^3 D a^5 \rho = 31556 \text{ J/s} = 42 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80%

Daya motor penggerak = 53 Hp

Maka, dipilih daya motor dengan tenaga = 53 Hp

G. Menghitung Jaket Pendingin

Jumlah air pendingin (25°C) = 7906 kg/jam

Densitas air pendingin = 997 kg/m³

Laju alir air pendingin (Q_w) = 8 m³/jam

Diameter dalam jaket (d) = diameter dalam + 2 x tebal

dinding

$$= 254 \text{ in} = 6 \text{ m}$$

Tinggi jaket = tinggi reaktor = 8 m

Asumsi tebal jaket = 6 in

Diameter luar jaket (D) = 266 in = 7 m

Luas yang dilalui air pendingin (A)

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 3 \text{ m}^2$$

Kecepatan air pendingin (v)

$$v = \frac{Q_w}{A}$$

Tebal dinding jaket (t_j)

Bahan *stainless steel plate* tipe SA 340

$$P_{Hidrostatik} = \rho \times g \times h = 78481 \text{ Pa}$$

$$P_{design} = 31,29441432 \text{ psia}$$

$$t_j = \frac{PD}{2SE - 0,2P} = 0,4 \text{ in}$$

Maka, dipilih tebal jaket standar = $\frac{3}{4}$ in

Reaktor Hidrolisis

Fungsi : Tempat berlangsungnya hidrolisis jerami
padi

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup
elipsoidal

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

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Temperatur = 100°C

Tekanan = 1 atm = 14,696 psia

Kebutuhan perancangan : 1 jam

Faktor keamanan : 20%

Tabel L-C.2. Neraca Masuk pada Reaktor hidrolisis

Komponen	Massa (Kg/Jam)	ρ (Kg/m ³)	Volume (m ³ /Jam)
Selulose	12636	1500	8,424
Hemiselulosa	32805	1110	29,55405405
Lignin	12960	1060	12,22641509
Abu	11880	600	19,8
Air	194920	997	195,5065196
H2SO4	5400	1840	2,934782609
Glukosa	58500	1549	37,76630084
Xylosa	41420	1520	27,25
Jumlah	370521		333,4620722

Laju massa = 370521 kg/jam = 227 lbm/s

$$\rho_{campuran} = \frac{F_{tot}}{Q_{tot}} = 1111 \text{ kg/m}^3$$

Perhitungan :

A. Volume Bahan

$$V_i = \frac{370521 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam}}{1111,133862 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 334 \text{ m}^3$$

Volume tiap tangki, $V_t = (1 + 0,2) \times 333,4620722 = 400 \text{ m}^3$

B. Diameter dan Tinggi tangki

- Volume *shell* tangki (V_s), asumsi $D_s : H_s = 1 : 1$

$$V_s = \frac{1}{4}\pi D_s^2 H_s$$

$$V_s = \frac{1}{4}\pi D_s^3$$

- Volume Tutup Tangki (V_e), asumsi $D_s : H_e = 4 : 1$

$$V_s = \frac{\pi}{6} D_s^2 H_e$$

$$V_s = \frac{\pi}{24} D_s^3$$

- Volume tangki (V_t)

$$V_t = V_s + V_e$$

$$V_s = \frac{7}{24}\pi D_s^3$$

$$D_s^3 = 437 \text{ m}^3$$

$$D_s = 8 \text{ m} = 299 \text{ in}$$

$$H_s = 8 \text{ m}$$

C. Diameter dan Tinggi Tutup

Diameter tutup = Diameter tangki = 8 m

Tinggi *Head*, $H_e =$

$$H_e = \frac{1}{4} x D_s = 2 \text{ m}$$

Total Tinggi tangki, $H_t = H_s + H_e = 10$ m

D. Tebal *shell* tangki

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$$

Dimana ,

t = Tebal *shell* (*inch*)

P = Tekanan desain (psia)

D = Diameter dalam tangki (*inch*)

S = Allowable stress = 13.700 psia (*Stanley M. Wallas*)

E = Joint efficiency = 85%

Volume larutan = 334 m³

Volume tangki = 400m³

Tinggi larutan dalam tangki = $\frac{334}{400} \times 10 = 8$ m

Tekanan Hidrostatik :

$P_{hidrostatik} = \rho \times g \times h = 86071$ Pa = 13 psia

Faktor keamanan = 20%

Maka,

$$P_{\text{design}} = (1 + 0,2) \times 13 \text{ psia} = 33 \text{ psia}$$

Maka, tebal *shell* yang dibutuhkan = 0,4 in = 1 cm

Tebal *shell* standar yang digunakan = $\frac{1}{2}$ in (*Brownell, 1959*)

E. Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*

Maka, tebal tutup tangki yang digunakan = $\frac{1}{2}$ in

F. Rancangan system pengaduk

Jenis pengaduk : Turbin impeller daun enam baffle 4 buah

Untuk turbin standart (*Geankoplis, 2003*), diperoleh

$$D_a/D_t = 1/3 = 0,3$$

$$D_a = 3 \text{ m}$$

$$L/D_a = 1/4 = 0,25$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$W/D_a = 1/5$$

$$W = 1 \text{ m}$$

$$J/D_t = 1/12$$

$$J = 0,01 \text{ m}$$

Dimana :

D_t = Diameter tangki

D_a = Diameter impeller

L = Panjang *blade* pada turbin

W = Lebar *blade* pada turbin

J = Lebar *baffle*

Kecepatan pengadukan, N = 0,1 putaran/detik

Densitas campuran = 1111,134 kg/m³

Viskositas campuran μ_c pada 100 °C = 0,0003 Pa = 0,3 cP

Viskositas *slurry* pada 100°C diasumsikan mendekati viskositas larutan

Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho x N (Da)^2}{\mu_c} = 2369609$$

Nre >10.000 maka perhitungan pengadukan dengan menggunakan rumus

$$P = N_p N^3 Da^5 \rho$$

Dari Fig 3-4-4 (*Geankoplis, 2003*) untuk *flat six blade* turbin didapat nilai

$$N_p = 4,8 \quad N_p N^3 Da^5 \rho = 552,1877322 \text{ J/s} = 1 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80%

Daya motor penggerak = 1 Hp

Maka, dipilih daya motor dengan tenaga = 1 Hp

G. Menghitung Jaket Pemanas

Jumlah *steam* (180°C) = 26015kg/jam

Densitas *steam* = 997kg/m³

Laju *steam* (Q_w) = 26m³/jam
= diameter dalam + 2 x tebal

dinding

= 300 in = 8 m

Tinggi jaket = tinggi reaktor = 10 m

Asumsi tebal jaket = 2 in

Diameter luar jaket (D) = 304 in = 8 m

Luas yang dilalui *steam*(A)

$$A = \frac{\pi}{4} x (D^2 - d^2)$$

Kecepatan *steam*(v)

$$v = \frac{Q_w}{A} = 21 \text{ m}$$

Tebal dinding jaket (t_j)

Bahan *stainless steel plate* tipe SA 340

$$P_{Hidrostatik} = \rho x g x h = 92684 \text{ Pa}$$

$P_{design} = 34 \text{ psia}$

$$t_j = \frac{PD}{2SE - 0,2P} = 0,4 \text{ in}$$

Maka, dipilih tebal jaket standar = ½ in

Tangki Pencampur (*Mixer*)

Fungsi : Menetralkan asam sulfat dalam hidrolisat

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade c*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : Temperatur = 30°C

Tekanan = 1 atm = 14,696 psia

Kebutuhan perancangan : 1 jam

Tabel L-C.3. Neraca masuk Tangki Pencampur (*Mixer*)

komponen	massa (kg/jam)	rho (kg/m ³)	volume (m ³ /jam)
Air	175428	997	175,9558676
H ₂ SO ₄	4860	1840	2,641304348
Glukosa	52650	1549	33,98967076
Xylosa	37278	1520	24,525
Ca(OH) ₂	30091,5	2210	13,61606335
Gypsum	4860	2310	2,103896104
Jumlah	305167,5		252,8318022

Laju massa = 305168kg/jam = 187 lb/s

$$\rho_{campuran} = \frac{F_{tot}}{Q_{tot}} = 1207 \text{ kg/m}^3$$

Perhitungan :

A. Volume Bahan

$$V_i = \frac{305168 \frac{kg}{jam} \times 1 jam}{1207 \frac{kg}{m^3}} = 253 m^3$$

Volume tiap tangki, $V_t = (1 + 0,2) \times 253 = 303 m^3$

B. Diameter dan Tinggi tangki

- Volume *shell* tangki (V_s), asumsi $D_s : H_s = 1 : 1$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_s^2 H_s$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_s^3$$

- Volume Tutup Tangki (V_e), asumsi $D_s : H_e = 4 : 1$

$$V_s = \frac{\pi}{6} D_s^2 H_e$$

$$V_s = \frac{\pi}{24} D_s^3$$

- Volume tangki (V_t)

$$V_t = V_s + V_e$$

$$V_s = \frac{7}{24} \pi D_s^3$$

$$D_s^3 = 331 m^3$$

$$D_s = 7 m = 272 \text{ in}$$

$$H_s = 7 m$$

C. Diameter dan Tinggi Tutup

Diameter tutup = Diameter tangki = 7 m

Tinggi *Head*, $H_e =$

$$H_e = \frac{1}{4} \times D_s = 2 \text{ m}$$

Total Tinggi tangki, $H_t = H_s + H_e = 9 \text{ m}$

D. Tebal *shell* tangki

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$$

Dimana ,

$t =$ Tebal *shell* (*inch*)

$P =$ Tekanan desain (psia)

$D =$ Diameter dalam tangki (*inch*)

$S =$ Allowable stress = 13.700 psia (*Stanley M. Wallas*)

$E =$ Joint efficiency = 85%

Volume larutan = 253 m³

Volume tangki = 303 m³

$$\text{Tinggi larutan dalam tangki} = \frac{253}{303} \times 9 = 7 \text{ m}$$

Tekanan Hidrostatik :

$$P_{hidrostatik} = \rho \times g \times h = 85256 \text{ Pa} = 12 \text{ psia}$$

Faktor keamanan = 20%

Maka,

$$P_{\text{design}} = (1 + 0,2) \times 12 \text{ psia} = 33 \text{ psia}$$

Maka, tebal *shell* yang dibutuhkan = 0,4 in = 1 cm

Tebal *shell* standar yang digunakan = 3/4 in (*Brownell, 1959*)

E. Tebal Tutup Tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*

Maka, tebal tutup tangki yang digunakan = 3/4 in

F. Rancangan Sistem Pengaduk

Jenis pengaduk : Turbin impeller daun enam

Untuk turbin standart (*Geankoplis, 2003*), diperoleh

$$D_a/D_t = 1/3 = 0,333$$

$$D_a = 2 \text{ m}$$

$$L/D_a = 1/4 = 0,25$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$W/D_a = 1/5$$

$$W = 1 \text{ m}$$

$$J/D_t = 1/12$$

$$J = 0,01 \text{ m}$$

Dimana :

Dt = Diameter tangki

Da = Diameter impeller

L = Panjang *blade* pada turbin

W = Lebar *blade* pada turbin

J = Lebar *baffle*

Kecepatan pengadukan, N = 0,1 putaran/detik

Densitas campuran = 1207 kg/m^3

Viskositas campuran μ_c pada $30^\circ \text{C} = 0,0006269 \text{ Pa} = 0,6269 \text{ cP}$

Viskositas *slurry* pada 30°C diasumsikan mendekati viskositas larutan

Bilangan *Reynold*

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N (Da)^2}{\mu_c} = 1024228$$

$N_{re} > 10.000$ maka perhitungan pengadukan dengan menggunakan rumus

$$P = N_p N^3 Da^5 \rho$$

Dari Fig 3-4-4 (*Geankoplis, 2003*) untuk *flat six blade* turbin didapat nilai N_p

$$= 4,8 = N_p N^3 Da^5 \rho = 473 \text{ J/s} = 1 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80%

Daya motor penggerak = 1 Hp

Maka, dipilih daya motor dengan tenaga = 1 Hp

Fermentor

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi fermentasi glukosa menjadi etanol

Jenis : *Continous Stirred Tank Reactor*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-285 Grade C*

Jumlah : 15 unit

Kondisi operasi : Temperatur = 30°C

Tekanan = 1 atm = 14,696 psia

Kebutuhan perancangan : 2 hari

Faktor keamanan : 20%

Tabel L-C.4. Neraca masuk Fermentor

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	Volume (m ³ /jam)
Air	11880	997	11,91574724
Glukosa	58500	1549	37,76630084
Xylosa	4142	1520	2,725
Saccharomyces cereviseae	3519	1670	2,107185629
Asam Phospat	281,52	1880	0,149744681

Amonium Sulfat	281,52	1770	0,159050847
Jumlah	78604,04		54,82302924

Laju massa = 78604 kg/jam = 48 lbm/s

$$\rho_{campuran} = \frac{F_{tot}}{Q_{tot}} = 1434 \text{ kg/m}^3$$

Perhitungan :

A. Volume Bahan

$$V_i = \frac{78604 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}} \times 2 \text{ hari}}{1434 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 55 \text{ m}^3$$

Volume tiap tangki, $V_t = (1 + 0,2) \times 55 = 66 \text{ m}^3$

B. Diameter dan Tinggi tangki

- Volume *shell* tangki (V_s), asumsi $D_s : H_s = 1 : 1$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_s^2 H_s$$

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_s^3$$

- Volume Tutup Tangki (V_e), asumsi $D_s : H_e = 4 : 1$

$$V_s = \frac{\pi}{6} D_s^2 H_e$$

$$V_s = \frac{\pi}{24} D_s^3$$

- Volume tangki (V_t)

$$V_t = V_s + V_e$$

$$V_s = \frac{7}{24} \pi D_s^3$$

$$D_s^3 = 72 \text{ m}^3$$

$$D_s = 4 \text{ m} = 164 \text{ in}$$

$$H_s = 4 \text{ m}$$

C. Diameter dan Tinggi Tutup

Diameter tutup = Diameter tangki = 4m

Tinggi *Head*, $H_e =$

$$H_e = \frac{1}{4} \times D_s = 1 \text{ m}$$

Total Tinggi tangki, $H_t = H_s + H_e = 5 \text{ m}$

D. Tebal *shell* tangki

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$$

Dimana ,

t = tebal *shell* (*inch*)

P = tekanan desain (psia)

D = diameter dalam tangki (*inch*)

S = *allowable stress* = 13.700 psia (*Stanley M. Wallas*)

$$E = \text{Joint efficiency} = 85\%$$

$$\text{Volume larutan} = 55 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = 66 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi larutan dalam tangki} = \frac{55}{66} \times 5 = 5,455669354 \text{ m}$$

Tekanan Hidrostatik :

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times g \times h = 60843 \text{ Pa} = 9 \text{ psia}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 20\%$$

Maka,

$$P_{\text{design}} = (1 + 0,2) \times 9 \text{ psia} = 28 \text{ psia}$$

$$\text{Maka, tebal shell yang dibutuhkan} = 0,2 \text{ in} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal shell standar yang digunakan} = \frac{1}{4} \text{ in (Brownell, 1959)}$$

E. Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*. Maka, tebal tutup tangki yang digunakan = $\frac{1}{4}$ in

F. Rancangan system pengaduk

Jenis pengaduk : Turbin impeller daun enam

Untuk turbin standart (*Geankoplis, 2003*), diperoleh

$$Da/Dt = 1/3 = 0,333$$

$$Da = 1\text{ m}$$

$$L/Da = 1/4 = 0,25$$

$$L = 0,3\text{ m}$$

$$W/Da = 1/5$$

$$W = 0,3\text{ m}$$

$$J/Dt = 1/12$$

$$J = 0,02\text{ m}$$

Dimana :

Dt = Diameter tangki

Da = Diameter impeller

L = Panjang *blade* pada turbin

W = Lebar *blade* pada turbin

J = Lebar *baffle*

Kecepatan pengadukan, N = 0,1 putaran/detik

Densitas campuran = 1434 kg/m^3

Viskositas campuran μ_c pada 30°C = $0,0008146\text{ Pa} = 0,8146\text{ cP}$

Viskositas *slurry* pada 30°C diasumsikan mendekati viskositas larutan

Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N (Da)^2}{\mu_c}$$

$N_{Re} > 10.000$ maka perhitungan pengadukan dengan menggunakan rumus

$$P = N_p N^3 Da^5 \rho$$

Dari Fig 3-4-4 (*Geankoplis, 2003*) untuk *flat six blade* turbin didapat nilai N_p

$$= 5 P = N_p N^3 D a^5 \rho = 44 \text{ J/s} = 0,1 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80%

Daya motor penggerak = 0,1 Hp

Maka, dipilih daya motor dengan tenaga = $\frac{1}{4}$ Hp

G. Menghitung Jacket Pendingin

Jumlah air pendingin(25⁰C) = 94673ckg/jam

Densitas air pendingin = 997kg/m³

Laju air pendingin (Q_w) = 6 m³/jam

= diameter dalam + 2 x tebal dinding

$$= 164 \text{ in} = 4 \text{ m}$$

Tinggi jaket = tinggi reactor = 5 m

Asumsi tebal jaket = 2 in

Diameter luar jaket (D) = 168 in = 4 m

Luas yang dilalui *steam* (A)

$$A = \frac{\pi}{4} x (D^2 - d^2) = 1m^2$$

Kecepatan *steam* (\bar{v})

$$v = \frac{Q_w}{A} = 9 \text{ m/jam}$$

Tebal dinding jaket (t_j)

Bahan *stainless steel plate* tipe SA 340

$$P_{Hidrostatik} = \rho \times g \times h = 50774 \text{ Pa} = 7 \text{ psia}$$

$$P_{design} = 27 \text{ psia}$$

$$t_j = \frac{PD}{2SE - 0,2P} = 0,2 \text{ in}$$

Maka, dipilih tebal jaket standar = 3/8 in

Tabel L-C. 5. Penjadwalan Fermentor

Fermentor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf
2	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr
3	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr
4	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr
5	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr
6	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr
7	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr
8	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
9	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
10	tr	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
11	tr	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
12	tr	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
13	tr	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
14	te	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te
15	tc	tf	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	te	tc

Keterangan :

tf = waktu pengisian = 3 jam

tr = waktu reaksi = 36 jam

te = waktu pengosongan = 3 jam

tc = waktu pembersihan = 3 jam