

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**BIOETANOL DARI JERAMI PADI (RICE STRAW)
DENGAN PROSES PEMISAHAN HIDROLISA DAN
FERMENTASI (SHF)
DENGAN KAPASITAS 13000 KL/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh :

ANJAR DYAH NURHANANI

1014905

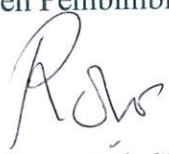
Malang, 03 Agustus 2013



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


RiniKartikaDewi, ST, MT
NIP Y 1030100370

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI


Nama : ANJAR DYAH NURHANANI
NIM : 1014905
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : PRARENCANA PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI
PADI (RICE STRAW) DENGAN PROSES PEMISAHAN
HIDROLISA DAN FERMENTASI (SHF) DENGAN
KAPASITAS 13000 KL/TAHUN

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 03 Agustus 2013
Nilai : B


Ketua,

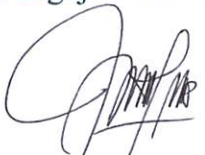
Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Sekretaris,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP Y 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,


Ir. Muyassaroh, MT
NIP Y 1039700306

Penguji Kedua,


M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP Y 1030400400

PERNYATAAN KEASLIANSKRIPSI

Sayayang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ANJAR DYAH NURHANANI
NIM : 1014905
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

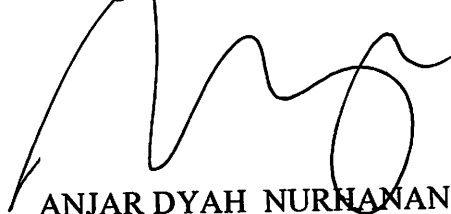
PRA RENCANA PABRIK

PRARENCANA PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI PADI (RICE STRAW) DENGAN PROSES PEMISAHAN HIDROLISA DAN FERMENTASI (SHF) DENGAN KAPASITAS 13000 KL/TAHUNPERANCANGAN ALAT UTAMA REAKTOR DAN DESTILASI

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 03Agustus 2013

Yang membuat pernyataan,



ANJAR DYAH NURHANANI

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmatNya, kami dapat menyelesaikan laporan Skripsi yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Bioethanol dari Terami Padi dengan Proses Pemisahan Hidrolisis dan Fermentasi, dengan Kapasitas 13.000 tL/Tahun” sebagai syarat untuk menempuh ujian tingkat sarjana strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan kemudahan yang diberikan oleh banyak pihak, untuk itu kami ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Jimmy, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang dan Dosen Pembimbing Skripsi
2. Orang tua yang telah mendoakan dan mendukung terselesainya skripsi
3. Ibu Ir. Muyassaroh, MT selaku Dosen Penguji Skripsi
4. Ibu Rini Kartika Dewi, ST. MT., selaku Dosen Pembimbing Skripsi
5. Bapak M. Istnaeny Huda ST.MT., selaku Dosen Penguji Skripsi
6. Temanku Angkatan 2010 yang selalu menemani hingga terselesainya skripsi
7. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat kami sebutkan satu per satu tanpa bermaksud untuk mengabaikan bantuan yang telah diberikan.

Kami menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan guna penyempurnaan penulisan laporan Skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, baik bagi penulis, ITN Malang, maupun bagi pembaca.

Malang, 03 Agustus 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II – 1
BAB III NERACA MASSA	III –1
BAB IV NERACA PANAS	IV– 1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V – 1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA.....	VI– 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII– 1
BAB VIII UTILITAS	VIII–1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX – 1
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIXS	
APPENDIKS A	App. A – 1
APPENDIKS B	App. B – 1
APPENDIKS C	App. C – 1
APPENDIKS D	App. D – 1
APPENDIKS E	App. E – 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tangkai sorghum (kiri) dan biji sorghum (kanan)	1 – 4
Gambar 2.1	Blok diagram proses esterifikasi dan hidrolisis dari ethylene	II – 1
Gambar 2.2	Blok diagram proses esterifikasi dan hidrolisis dari ethylene	II – 3
Gambar 2.3	Blok diagram proses pembuatam bioethanol dengan proses hidrolisis dan fermentasi	II – 6
Gambar 9.1	Lokasi pra rencana pabrik bioethanol dari jerami padi	IX– 5
Gambar 9.2	Skema tata letak pabrik bioetanol dari jerami padi	IX– 8
Gambar 9.3	Tata letak peralatan pabrik bioetanol dari jerami padi	IX– 11
Gambar 10.1	Struktur organisasi pabrik bioethanol	X – 3

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi Indonesia setiap tahun semakin meningkat seiring meningkatnya kegiatan dan jumlah penduduk Indonesia. Kebutuhan energi Indonesia sebagian besar berasal dari minyak bumi. Konsumsi minyak bumi di Indonesia setiap tahun meningkat 5-6 % sedangkan cadangan minyak bumi dunia khususnya Indonesia semakin habis karena minyak bumi termasuk energi tak terbarukan (*indomigas.com*). Cadangan minyak bumi Indonesia adalah sekitar 4,2 miliar barrel atau sekitar 10 tahun dan terdapat sekitar 55 miliar barrel cadangan minyak yang masih belum dapat diambil dengan menggunakan teknologi sekarang ini (*Kompas, 1 Februari 2010*). Prediksi kebutuhan BBM Indonesia pada tahun 2010 mencapai 1.6 juta bph atau setara dengan 2 juta bph minyak mentah (*indobiofuel.com*).

Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM yang pada umumnya berasal dari minyak bumi diatur oleh Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006. Kebijakan tersebut menetapkan bahwa penggunaan minyak bumi berkisar 20 % dari total penggunaan bahan bakar, hal tersebut dapat mengurangi penggunaan bahan bakar dari minyak bumi. Sedangkan untuk penggunaan bahan bakar nabati (*biofuel*) adalah 5%, hal tersebut menunjukkan bahwa (*biofuel*) merupakan bahan bakar alternatif yang menjadi perhatian pemerintah dalam mengurangi konsumsi bahan bakar dari minyak bumi. Target pemerintah untuk penggunaan BBM di Indonesia pada tahun 2025 adalah di bawah 1 juta bph.

Biofuel merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dihasilkan dari pembuatan minyak nabati, salah satu bentuk dari biofuel tersebut adalah bioetanol sebagai pengganti bensin. Melimpahnya sumber daya alam nabati dan disertai dengan kemajuan IPTEK maka dapat dimanfaatkan untuk pembuatan energi alternatif. Pembuatan bioetanol sebagai energi alternatif untuk menjawab permasalahan

dibidang energi dimana kebutuhan bensin yang meningkat sehingga mendesak untuk segera diproduksi bioetanol dalam skala besar

Tujuan utama perancangan pabrik bioetanol dari jerami padi adalah untuk memberi alternatif desain alat dan proses pembuatan bioetanol dari sorghum yang lebih efisien berdasarkan prinsip-prinsip teknik kimia. Selain itu menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia, khususnya di bidang rancang pabrik sehingga akan memberikan gambaran kelayakan Pra Rancang Pabrik Bioetanol dari Jerami Padi untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia.

Manfaat yang diharapkan dengan didirikannya pabrik bioetanol ini adalah untuk mengurangi impor bioetanol yang selanjutnya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bioetanol di Indonesia. Selain itu untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar serta membantu program pemerintah untuk memasyarakatkan penggunaan bioetanol. Dengan demikian dapat mendorong pertumbuhan industri-industri kimia. Selain itu dengan didirikannya pabrik bioetanol akan menciptakan lapangan kerja serta mengurangi jumlah pengangguran, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat dan bangsa Indonesia serta dapat meningkatkan perekonomian Indonesia.

1.2. Perkembangan Industri Bioetanol di Indonesia

Pertumbuhan industri etanol di Indonesia khususnya yang berasal dari bahan-bahan terbarukan diperkirakan akan mengalami pertumbuhan yang pesat seiring dengan pertumbuhan kebutuhan akan etanol sebagai bahan bakar alternatif. Etanol dimanfaatkan sebagai bahan campuran bensin dengan komposisi 10% etanol atau yang disebut dengan gasohol E-10. Hal ini juga didukung oleh ketersediaan, harga, dan dampak lingkungan pada penggunaan bahan bakar fosil.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.32/2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Bio-Fuel) Sebagai Bahan Bakar Lain, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1.1 Pentahapan Kewajiban Minimal Pemanfaatan Bioetanol E100

Jenis Sektor	Oktober 2008 s.d. Desember 2008	Januari 2008	Januari 2010	Januari 2015**	Januari 2020**	Januari 2025**	Keterangan
Rumah Tangga	-	-	-	-	-	-	Saat ini tidak ditetapkan
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 ditetapkan

** Spesifikasi disesuaikan dengan spesifikasi global dan kepentingan domestic

(*esdm.go.id*)

Bila alkohol diarahkan untuk menjadi bahan bakar pengganti premium, maka kebutuhan akan alkohol atau ethanol akan meningkat dengan cepat. Pada tahun 2004 penjualan Premium di dalam negeri mencapai 16,418 Juta kL, bila 1% kebutuhan ini digantikan oleh alkohol maka diperlukan 0,164 Juta kL, padahal produksi ethanol saat ini sekitar 0,18 Juta kL. Oleh karena itu perlu dicari potensi sumber ethanol yang dapat diperoleh dari berbagai alternatif bahan baku. Saat ini dalam pengembangan sebagai bahan baku bioethanol adalah bahan lignoselulosa..

Jerami padi merupakan salah satu sumber lignoselulosa untuk pembuatan bioetanol. Produksi padi nasional tahun 2009 sebesar 64,40 juta ton Gabah Kering Giling (GKG). Sedangkan jumlah jerami padi yang dapat diperoleh dari hasil panen padi adalah berkisar 1-1,5 kali sehingga jumlah jerami padi pada tahun tersebut adalah sekitar 64,40 juta ton- 96,6 juta ton jerami padi. Jerami dapat menjadi salah satu alternatif bahan baku etanol di Indonesia dengan berdasar pada jumlah produksi jerami padi yang cukup besar

1.3. Kegunaan Produk Bioetanol

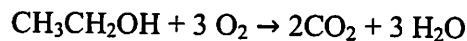
Kegunaan bioetanol antara lain :

1. Bahan bakar
2. Bahan pelarut
3. Bahan baku industri lainnya
4. Bahan pembersih, untuk rumah tangga, rumah sakit, dan laboratorium

Contoh kegunaan etanol (alkohol) adalah sebagai berikut,

- **Sebagai bahan bakar**

Etanol dapat dibakar untuk menghasilkan karbon dioksida dan air serta bisa digunakan sebagai bahan bakar baik sendiri maupun dicampur dengan petrol (bensin). "Gasohol" adalah sebuah petrol / campuran etanol yang mengandung sekitar 10-20% etanol. Karena etanol biasa dihasilkan melalui fermentasi, maka alkohol bisa menjadi sebuah cara yang bermanfaat bagi negara-negara yang tidak memiliki industri minyak untuk mengurangi import petrol mereka.



Etanol mempunyai nilai kalor (Q) = 75.700 Btu/galon

sedangkan kalau dicampur dengan gasoline dengan presentase 10% etanol dan 90% gasoline (menghasilkan produk dengan nama dagang *Gasohol*) maka akan dihasilkan nilai kalor (Q) = 112.000 Btu/gallon

- **Sebagai pelarut**

Etanol banyak digunakan sebagai sebuah pelarut. Etanol relatif aman, dan bisa digunakan untuk melarutkan berbagai senyawa organik yang tidak dapat larut dalam air. Sebagai contoh, etanol digunakan pada berbagai parfum dan kosmetik.

(<http://www.chem-is-try.org.alkohol>)

- **Sebagai bahan baku (*raw material*)**

Untuk membuat ratusan senyawa kimia lain, seperti asetaldehid, etil asetat, asam asetat, etilen dibromida, glicol, etil klorida, dan semua etil ester. Penggunaan etanol yang disesuaikan dengan kualitas produknya dibedakan menjadi :

- *Anhydrous ethanol* (99,7-99,8%) : bahan bakar (fuel)
- *Fine ethanol* (96-96,5%) : untuk pabrik farmasi dan kosmetik

- *Industrial ethanol* (95%) : digunakan untuk keperluan pelarutan
- *Denatured ethanol* (88%) : bahan *intermediate*

1.4 Sifat Bahan Baku dan Produk

1.4.1 Sifat – Sifat Bahan Baku

Kandungan jerami padi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.1 Kandungan Jerami Padi

Komponen	% massa
Selulosa	38,90%
Xylan	20,40%
Arabinan	3,40%
Galactan	0,50%
Lignin	13,50%
Ash	18,00%
H ₂ O	5,30%

(sumber : Kadam, L.Kiran, *Rice Straw as Lignocelulosic Resource*, NERL)

b. Air

Sifat fisika:

- Bentuk : cair
- Warna : tidak berwarna
- Specific gravity : 1,00
- Titik lebur : 0°C
- Titik didih : 100°C
- Densitas (20°C) : 0,998 g/mL

Sifat kimia:

- Rumus molekul : H₂O
- Berat molekul : 18,0153 gmol⁻¹

1.4.2 Sifat Bahan Pembantu

a) *Saccharomyces cerevisiae*

Sifat-sifatnya:

- Suhu media : 30 – 34°C
- pH : 4 – 5
- Bersifat aerob
- Mikroorganisme yang eukariotik (memiliki inti sel).

b) Diamonium Fosfat

Sebagai bahan baku pembantu pada proses produksi etanol, memiliki sifat fisika sebagai berikut: Bentuk kristal putih

- Specific gravity 1,619
- Bersifat alkali pada saat bereaksi
- Larut dalam air, tidak larut dalam alkohol
- Tidak mudah terbakar

c). Kalsium hidroksida (Ca(OH)₂)

Sifat fisika :

- kristal tak berwarna/bubuk putih, tak berbau
- Titik lebur : 580°C
- Specific gravity : 2,24
- Densitas (20°C) : 0,00173 g/mL

Sifat kimia :

- Rumus molekul : Ca(OH)₂
- Berat molekul : 74,1 g/mol
- pH : 14

d). Asam sulfat (H₂SO₄)

Sifat fisika :

- Cair, tak berwarna
- Densitas : 1,84 g/cm³
- Titik lebur : 10,35 °C

- Titik didih : 340 °C
- Viskositas : 26,7 cP
- Specific gravity : 1,3
- Kelarutan : sangat larut
- Korosif dan reaktif
- Larut dalam air

Sifat kimia :

- Rumus molekul : H_2SO_4
- Berat molekul : 98,0716 g/mol
- Bersifat racun
- Bersifat korosif
- Berbahaya bagi lingkungan

(Gessner Hawley, "The Condensed Dictionary", 13th edition)

e). Ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)

Sifat fisika :

- Bentuknya berupa padatan/kristal putih
- Kelarutan : 41,22 g/100 g air
- Densitas (50°C) : 1,77 g/mL
- Titik lebur : 235 – 280 °C

Sifat kimia :

- Rumus molekul : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Berat molekul : 132,14 g/mol
- pH : 5,5
- bersifat mutagenic

(Gessner Hawley, *The Condensed Dictionary* 10th edition)

f) Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)

Selain NPK sebagai nutrient, untuk memenuhi unsur – unsur yang diperlukan *nutrient yeast* juga diperoleh dari urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). adalah sebagai berikut:

- Massa molar : 60,06 g / mol

- Penampilan : berbau putih solid,tidak mudah terbakar
- Kepadatan : 1,32 g / cm³
- Titik Leleh : 132,7°C
- Indeks Refraksi,np₂₀ : 1,484;1,602
- Specific gravity,d₄₂₀ : 1,335
- Bentuk kristalin : Tetragonal, prisma
- Energi bebas pembentukan (25°C) : -42,120 cal/g mol
- 70% densitas bulk larutan urea : 0,74 g/cm²
- Panas pembentukan : 60 cal/g.endotermik
- Panas larutan dalam air : 58 cal/g,endotermik
- Panas kristalisasi : 110 cal/g,eksotermik

(Perry, R., "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 5th ed. Singapore.1999)

Sifat Kimia :

- Larut dalam air, alkohol, dan benzena
- Sedikit larut dalam eter
- Tidak larut dalam klorofom
- Terurai sebelum titik didih

(Gessner Hawley, "The Condensed Dictionary", 13th edition)

- Urea dibuat dari hidrolisis parsial cyanamide :

$$\text{H}_2\text{N-CN} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$$
- Urea dihasilkan dari reaksi antara ammonia dengan karbon dioksida :

$$\text{CO}_2 + \text{NH}_3 \leftrightarrow \text{H}_2\text{N-CO-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Urea dapat bereaksi dengan formaldehid :

$$\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2 + \text{HCHO} \longrightarrow \text{NH}_2\text{-CO-NH}_2 + \text{CH}_2\text{OH}$$
- Pemanasan ammonium sianat dapat terurai menjadi urea :



(:www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/19281/.../Chapter%20II.pdf)

e) Antifoam (Turkey Red Oil)

Sifat-sifat fisik dari Turkey red oil adalah:

- Warna kuning kecoklatan
- Merupakan cairan yang viscous
- Titik didih 150°C
- Titik lebur 0°C
- Larut dalam air dan membentuk larutan encer
- Specific gravity 1,015 (20°C) untuk 50% dan 1,03 (20°C) untuk 70%

(www.porwal.net)

1.4.3 Sifat – Sifat Produk

a. Bioetanol ;

Sifat Fisika:

- Merupakan senyawa aromatik yang volatile (mudah menguap)
- Keasaman (pKa): 15,9 (H⁺ dari grup OH)
- Mudah terbakar
- Termasuk B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)
- Berbau tajam (Menyengat)

Tabel 1.2 Sifat Fisika Etanol

Besaran	Nilai
Berat Molekul	46
Titik beku, °C	-114,1
Titik didih normal, °C	+78,32
Temperatur kritis, °C	243,1
Tekanan kritis, kPa	6383,48
Volume kritis, L/mol	0,167
Faktor kompresibilitas kritis, z	0,248
Densitas, pada 20 °C , g/mL	0,7893
Viskositas, pada 20 °C, mPa.s (cP)	1,17

Kelarutan dalam air, pada 20 °C	Larut
Panas penguapan, pada t.d normal, J/g	839,31
Panas pembakaran, pada 25 °C, J/g	29676,69
Panas pembentukan, J/g	104,6
Panas spesifik, pada 20°C, J/g.C.s	2,42
Warna cairan	Jernih

(Kirk-Othmer, 339)

Spesifikasi etanol dalam perdagangan menurut LCC (Lyondell Chemical Company) dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Spesifikasi Etanol

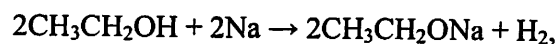
Spesifikasi	190° proof	200° proof
<i>Specific gravity</i> , 60/60 °F (maks.)	0,816	0,79421
Kemurnian, % wt (min.)	92,42	100
Bahan tidak menguap, mg/100 mL (maks.)	2,5	2,5
Kelarutan dengan air	larut semua	larut semua
Bau	tidak ada bau	
Warna, (maks.)	asing	-
Air, % berat (maks.)	-	
	7,58	

* Proof adalah kandungan alkohol yang dibuat dengan cara mengukur spesifik gravitasi dengan hidrometer pada temperatur standar 15,5 °C. Sebagai contoh, 190° proof mengandung 95 % alkohol dan 200° proof mengandung 100 % alkohol.

a. Sifat Kimia

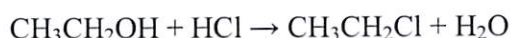
Etanol merupakan gugus hidroksil dan dapat bereaksi. Sifat kimia etanol dengan senyawa lain yaitu,

- Bereaksi dengan Alkali



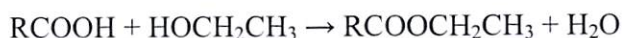
- Halogenasi

Etanol bereaksi dengan hidrogen halida menghasilkan etil halida seperti etil klorida dan etil bromide.



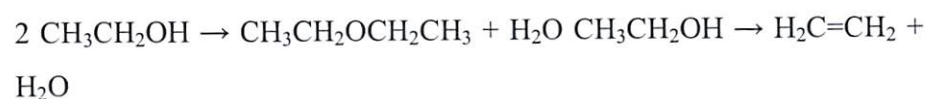
- Pembentukan Ester

Pada kondisi terkatalisasi asam, etanol bereaksi dengan asam karboksilat menghasilkan etil ester dan air.



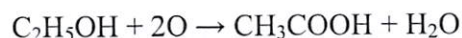
- Dehidrasi

Asam kuat seperti asam sulfat menyebabkan etanol terdehidrasi menjadi dietil eter atau etilen.



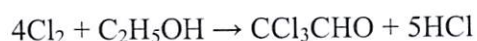
- Oksidasi

Etanol dapat dioksidasi menjadi asetaldehid, dan oksidasi lebih lanjut menjadi asam asetat. Larutan oksidator kuat, seperti asam kromat dan kalium permanganat, mengoksidasi etanol menjadi asam asetat.



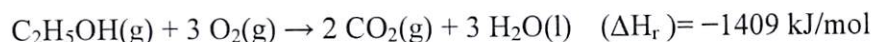
- Klorinasi

Etanol dapat dioksidasi oleh klorin dan alfa karbon klorinasi untuk membentuk senyawa



- Pembakaran

Pembakaran etanol menghasilkan karbon dioksida dan air.



(Frederick D. Rossini (1937). "Heats of Formation of Simple Organic Molecules";

b. Karbondioksida

Sifat fisika:

- Gas tak berwarna dan tak berbau
- Vapor specific gravity (21°C) : 1,52



- Titik didih (760 mmHg) : $-78,5^{\circ}\text{C}$
- Titik beku : $-56,6^{\circ}\text{C}$
- Sedikit larut dalam air

Sifat kimia:

- Berat molekul : 44,01 g/mol
- Rumus molekul : CO_2
- Bereaksi dengan air kapur.
- Bereaksi dengan air
- Densitas : 1,98 g/L
- Viskositas (-78°C) : 0,07 cP

1.5. Kapasitas Produksi

Pra Rancang Pabrik Etanol dari Jerami Padi ini menggunakan proses semi-*batch* dan direncanakan beroperasi pada tahun 2015 yaitu dengan masa konstruksi 3 tahun. Berdasarkan Permenesdm di atas, pada tahun 2015 mengikuti regulasi tahun 2010, minimum penggunaan bioetanol adalah sebesar 3% dari kebutuhan bahan bakar total untuk transportasi PSO (Publik Service Obligation), 7% untuk Transportasi non-PSO, dan 7% untuk Industri dan Komersial, dimana data pertumbuhan pejualan bahan bakar premium dalam negeri adalah sebagai berikut,

Tabel 1.7 Data Pertumbuhan Pejualan Bahan Bakar Premium Dalam Negeri

Tahun	Penjualan (kL/tahun)	Pertumbuhan
2002	13345194,00	-
2003	13235789,12	-0,008198
2004	13407985,54	0,013010
2005	17480327,00	0,303725
2006	17071164,00	-0,023407
2007	16616342,82	-0,026643
Rata-Rata Pertumbuhan		0,05169744



(dtwh2.esdm.go.id)

Dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 5,17% maka diperoleh prediksi kebutuhan premium 2014 berdasarkan persamaan:

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

dimana:

F = Nilai pada tahun ke-n

P = Nilai pada tahun awal

n = tahun

i = pertumbuhan

Dari data di atas diperoleh penjualan premium pada 2016 sebesar 23.646.733,74 kL/tahun. Dengan regulasi di atas, diambil kebutuhan bio-etanol pada tahun 2016 sebesar 7% dari kebutuhan bahan bakar per tahun, sehingga diperoleh perhitungan kebutuhan etanol sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan etanol 2016} &= 7\% \times \text{konsumsi Premium} \\ &= 0,07 \times 23.646.733,74 \text{ kL/tahun} \\ &= 1.655.271 \text{ kL/tahun} \end{aligned}$$

Data ekspor etanol Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 1.8 Data Ekspor Etanol Indonesia

Tahun	Ekspor (\$)	Pertumbuhan
2003	2.045.488	0
2004	2.902.587	0,419019324
2005	1.890.433	-0,34870755
2006	1.277.737	-0,324103525
2007	1.105.706	-0,134637253
2008	986.481	-0,107827035
Rata-rata =		-0,08270934

$$\text{Ekspor etanol 2014} = \$ 587,665.99$$

Data impor etanol Indonesia adalah sebagai berikut,

Tabel 1.9 Data Impor Etanol Indonesia

Tahun	Impor (\$)	Pertumbuhan
2003	15.518	0
2004	35.324	1,276324269
2005	2.508	-0,929000113
2006	11.899	3,744417863
2007	25.717	1,161274057
2008	36.811	0,431387798
Rata-rata=		0,947400645

Impor etanol 2014 = \$ 2,007,749.25

Selisih Ekspor-Impor = \$ 587,665.99 - 2,007,749.25
= \$ -1,420,083.27
= Rp. -13,348,782,725.23

(Asumsi kurs dolar ke rupiah sebesar Rp 9.400)

Ekspor-Impor = Rp -13,348,782,725.23/ Rp 9.000,00/liter Etanol
= -1,483,198.08 liter per tahun
= -1,483.20 kL/ tahun

Jumlah etanol yang harus disuplai oleh industri dalam negeri adalah sama dengan kebutuhan etanol dikurangi dengan jumlah impor ditambah dengan jumlah ekspor. Sehingga dari perhitungan di atas diperoleh jumlah etanol yang harus disuplai dari industri sebesar 1.653.787,8 kL/tahun.. Di bawah ini merupakan tabel nama perusahaan etanol yang telah beroperasi di Indonesia.

Tabel 1.10 Nama perusahaan etanol yang telah beroperasi di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (kL/tahun)	Bahan Baku
PT Aneka Kimia Nusantara	Mojokerto	5.000	Molasses
PT Basis Indah	Sulawesi	1.600	Molasses
PT Bukitmanikam SuburPersada	Lampung	42.000	Molasses
PT Indo Acidatama Chemical	Surakarta	51.282	Molasses
PT Madu Baru	Yogyakarta	6.720	Molasses
PT Molindo Raya Industrial	Malang	45.000	Molasses
BPPT	Lampung	30	Cassava
PT Indo Lampung Distillery	Lampung	70.000	Molasses
PT. Basis Indah	Makasar	1.600	Molasses
PT. PN XI	Surabaya	6.000	Molasses
PT RNI	Jawa Timur	100.000	Molasses
PT. Rhodia Manyar	Surabaya	11.000	Molasses
TOTAL		370.000	

(Science and Technology Seminar Jakarta March 7 2007, <http://indonetwork.co.id>)

Apabila dibandingkan dengan kapasitas produksi total pabrik etanol yang telah berdiri saat ini yaitu sebesar 370.000 kL/tahun, maka terdapat kekurangan suplai etanol untuk tahun 2014 sebesar 1.283.787,8 kL/tahun. Pada pra rancang pabrik ini, diambil kapasitas sebesar 1% dari kekurangan suplai etanol tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= 1 \% \times 1.283.787,8 \text{ kL/tahun} \\ &= 12.837,878 \text{ kL/tahun} \\ &\sim 13.000 \text{ kL/tahun} \end{aligned}$$

Pertimbangan diambilnya kapasitas pabrik di atas antara lain memperhatikan kapasitas pabrik etanol yang telah berdiri saat ini yang ingin meningkatkan kapasitas produksinya serta kemungkinan adanya pendirian pabrik etanol yang lain baik berbahan baku biomassa lignoselulosa maupun pati atau molasses, serta adanya faktor alokasi bahan baku utama untuk kebutuhan lain seperti pupuk dll.

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Macam Proses

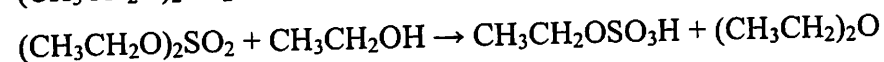
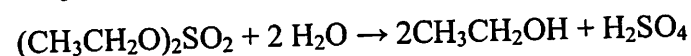
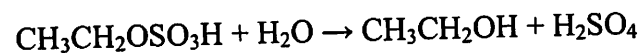
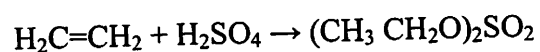
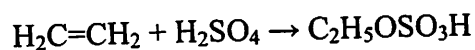
Bioetanol dapat diperoleh dengan bermacam-macam proses, yaitu :

- Proses Sintesis dari etilene
- Proses hidrasi langsung dari ethylene
- Proses Hodrolisa dan Fermentasi

(Sumber : Kirk Othmer, 34)

a. Proses Sintesis dari etilene

Proses tidak langsung dalam memproduksi etanol melibatkan pelarutan etilene ke dalam asam sulfat untuk membentuk etil sulfat yang akan dihidrolisis untuk membentuk etanol. Pada proses ini akan dihasilkan produk samping dietil eter yang dapat dijual atau diresirkulasi. Reaksi yang terjadi pada cara pembuatan bioethanol/etanol dengan proses esterifikasi dan hidrolisis etilene adalah sebagai berikut :



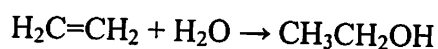
Kandungan etilene pada gas hidrokarbon adalah sebesar 35 – 95%, sedangkan sisanya adalah gas metana dan etana. Hidrokarbon *unsaturated* yang terkandung dalam gas alam dapat membentuk alcohol sekunder, sehingga harus dihilangkan.

Prosesnya adalah sebagai berikut :

Proses absorpsi terjadi dengan mengontakkan secara *countercurrent* etilene dengan asam sulfat 95 – 98% pada reactor kolom pada 80°C dan pada tekanan 1,3 – 1,5 MPa (180 – 200 psig). Proses absorpsi terjadi secara eksotermis sehingga perlu pendingin untuk menjaga agar suhunya tetap dan memperkecil resiko korosi. Rate absorpsi meningkat ketika etil hydrogen sulfat terbentuk dalam larutan asam. Hal ini meningkatkan kelarutan etilene dalam etil hydrogen sulfat dari pada kelarutan etilene dalam asam sulfat. Absorbat yang mengandung campuran etil sulfat kemudian dihidrolisis dengan cukup air untuk menghasilkan larutan asam sulfat encer yang kadarnya kira – kira 50 – 60%. Campuran hidrolisis dipisahkan dalam kolom *stripping* untuk menghasilkan asam sulfat encer pada *bottom* kolom *stripping* dan campuran gas alcohol – eter – air pada *overhead* kolom *stripping*. Campuran yang keluar dari overhead stripping dicuci dengan air atau NaOH encer dan kemudian setelah itu dimurnikan dengan distilasi. Dietil eter merupakan produk samping dari reaksi etanol dengan dietil sulfat. Hasil konversi dari etilene menjadi etanol dengan proses ini adalah sebesar 90% dengan 5 – 10% produk samping, yaitu dietil eter (C₂H₅OC₂H₅).

b. Proses hidrasi langsung dari ethylene

Ada dua kategori proses utama untuk hidrasi langsung ethylene menjadi etanol. Proses fase uap mengontakkan katalis yang berwujud solid atau liquid dengan reaktan yang berwujud gas. Proses fase campuran mengontakkan katalis yang berwujud solid atau liquid dengan reaktan yang berwujud cairan dan gas. Biasanya, etanol diproduksi dengan proses fase uap, sedangkan proses fase campuran digunakan untuk hidrasi analog dari propylene menjadi 2 – propanol. Reaksi yang terjadi pada proses hidrasi fase uap ethylene dengan batuan katalis H₃PO₄ adalah sebagai berikut :



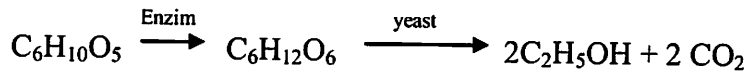
Proses pembuatan etanol dengan hidrasi langsung ethylene adalah sebagai berikut:

Gas yang kaya akan ethylene dicampur dengan air proses, kemudian dipanaskan sampai mencapai suhu reaksi yang diinginkan. Kemudian campuran tersebut dilewatkan II - 3, melalui reaktor *fixed - bed catalytic* untuk membentuk etanol. Uap yang meninggalkan reaktor sedikit lebih panas dari pada uap mula - mula yang masuk ke reaktor karena reaksinya adalah reaksi eksotermis. Produk dari reaktor kemudian didinginkan dengan pertukaran panas dengan aliran masuk ke reaktor dan kemudian dipisahkan menjadi aliran uap dan aliran liquid. Aliran liquid mengalir ke system penyulingan etanol, dan aliran uap di alirkan ke *scrubber* untuk menghilangkan kandungan etanol dari uap tersebut dengan mengontakkannya dengan air. Gas keluaran dari *scrubber (washed gas)*, yang kebanyakan adalah ethylene yang tidak bereaksi, kemudian diperkaya dengan feed gas ethylene yang baru untuk kemudian di *recycle* ke reaktor. Aliran purge dibuang dari ethylene hasil *recycle* untuk mencegah penimbunan *impurities* yang tidak diinginkan di dalam siklus gas. Aliran produk liquid kemudian diumpankan ke system distilasi untuk menghilangkan *impurities* ringan dan untuk mendapatkan 95% volume etanol - air azeotrope. Untuk memproduksi etanol anhydrous, campuran etanol - air azeotrope tersebut diumpankan ke system dehidrasi.

c. Proses Hidrolisis dan Fermentasi

Etanol dapat dihasilkan dengan proses fermentasi dari bahan - bahan yang mengandung gula/glukosa atau senyawa yang dapat diubah menjadi gula/glukosa. Banyak dan berbagai variasi bahan digunakan dalam produksi etanol melalui proses fermentasi dikelompokkan berdasarkan jenis bahan pertaniannya, yaitu : gula/glukosa, pati/karbohidrat, dan bahan berselulosa. Bahan yang mengandung gula/glukosa (dari gula/sari tebu, gula bit, molasses, atau buah - buahan) dapat langsung dikonversi menjadi etanol. Bahan berpati (dari padi - padian, kentang, atau ubi - ubian) harus dihidrolisis menjadi gula yang dapat difermentasi dengan bantuan enzyme dari ragi atau jamur/khamir. Bahan berselulosa (dari kayu, sisa - sisa pertanian, atau cairan buangan *sulfite* dari pabrik kertas) harus dikonversi menjadi gula/glukosa dengan hidrolisis dengan asam mineral. Ketika gula sederhana terbentuk, maka enzim dari yeast dapat mengubah gula sederhana

tersebut menjadi etanol dengan proses fermentasi. Persamaan reaksi sederhana untuk konversi pati menjadi etanol adalah sebagai berikut :



Langkah – langkah proses dasar untuk mengkonversi pati menjadi etanol adalah *degermination*, *milling*, pemisahan pati dengan kulit, *slurrying – liquefaction*, hidrolisis pati menjadi gula/glukosa, fermentasi, distilasi, dan dehidrasi. Hidrolisis atau sakarifikasi biasanya menggunakan enzim *amylase* dan fermentasinya biasanya menggunakan *Saccharomyces ceerevisiae*.

Pada tahap liquifikasi dilakukan penambahan air dan enzim alpha amylase. Proses dilakukan pada suhu 80 - 90°C. berakhirmya proses liquifikasi ditandai dengan parameter cairan seperti sup. Tahap sakarifikasi dilakukan pada suhu 55 - 60°C. enzim yang ditambahkan kali ini adalah enzim glukoamilase. Pada tahap sakarifikasi ini akan terjadi pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana.

Pada tahap fermentasi terjadi proses pemecahan gula – gula sederhana menjadi etanol dengan melibatkan enzim dan ragi. Fermentasi dilakukan pada kisaran suhu 27 - 32°C. pada tahap ini akan dihasilkan gas CO₂ sebagai produk samping dan sludge sebagai limbahnya. Gas CO₂ yang dihasilkan memiliki perbandingan stoikiometri yang sama dengan etanol yang dihasilkan, yaitu 1 : 1. Setelah difermentasi, etanol kemudian masuk ke tahap pemurnian (distilasi) sehingga didapatkan etanol dengan kadar kemurnian hingga 95%. Setelah dimurnikan, etanol hasil distilasi dapat dikeringkan II – 5. dengan metode purifikasi molecular sieve untuk meningkatkan kemurnian etanol hingga memenuhi spesifikasi bahan bakar. Etanol hasil pengeringan memiliki kemurnian hingga 99,9%.

Etanol merupakan alkohol, golongan senyawa kimia yang molekulnya mengandung kelompok ion hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon. Rumus molekul etanol adalah CH₃CH₂OH, etanol memiliki titik leleh -114.1°C dan memiliki titik didih 78.5°C (*scifun.chem.wisc.edu*)

Etanol merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang akhir-akhir ini mulai digunakan sebagai bahan bakar terutama untuk mesin. Tidak seperti bensin yang didistilasi dari *crude oil*, etanol dapat diperoleh dari bagian *starch* tanaman. Etanol juga menghasilkan karbondioksida dan air pada pembakaran sempurna seperti halnya pada bensin.

2.2 Seleksi Proses

Kriteria untuk pemilihan proses yang terbaik adalah mencari biaya yang ekonomis dengan konversi yang setinggi mungkin dan jika memungkinkan waktu operasi yang singkat. Perjalanan pengembangan proses produksi bioetanol, proses hidrolisis (sakarifikasi) dan fermentasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga proses yang berbeda yaitu :

a. Proses Separated Hydrolysis Fermentation (SHF)

Proses pembuatan etanol dimana tahap Hidrolisis dan tahap fermentasi dan tahap fermentasi berlangsung terpisah. Bahan baku yang mengandung pati mengalami proses hidrolisis (liquefaksi dan sakarifikasi) secara terpisah dari proses fermentasi. Setelah proses hidrolisis selesai, dilanjutkan proses fermentasi, hal ini dimaksud untuk memudahkan pengontrolan

b. Proses Simultaneous Sccharification and fermentation (SSF)

Proses SSF ini memiliki dasar yang sama dengan proses SHF, hanya saja tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung simultan pada satu tangki. Beberapa saat setelah ditambahkan a-amilasi, pada tangki ditambahkan glucoamilase untuk mengkonversi dekstrin yang dihasilkan oleh a-amilase menjadi gula sederhana untuk difermentasikan menjadi etanol. Kemudian pada tangki itu juga ditambahkan *Saccharomycess cerevisae* untuk memfermentasikan gula menjadi etanol, sehingga tidak terjadi akumulasi gula yang akan menyebabkan inhibisi pada a-amilase [Neves, 2006]

c. Proses Simultaneous Sccharification and co fermentation (SSCF)

2.3. Uraian Proses

Proses yang digunakan dalam produksi bioethanol ini merupakan proses hidrolisis dan fermentasi. Uraian proses pembuatan etanol dari jerami padi dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap hidrolisis



3. Tahap Starter
4. Tahap fermentasi
5. Tahap Pemurnian
6. Tahap Penanganan produk

Adapun uraian dari masing – masing tahapan proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan bahan baku

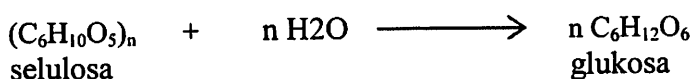
Jerami padi yang sudah dalam keadaan kering diperoleh pabrik dari truk pengangkut jerami yang mengambil jerami dari hasil panen padi. Jerami kering disimpan dalam *Storage* (F-111). Jerami kering diangkut ke dalam *Knife Cutter* (C-113) dengan menggunakan *Belt Conveyor* tertutup (J-112A) untuk menghindari material yang terbawa angin. Di dalam *Knife Cutter* (C-113) jerami mengalami proses pencacahan dengan tujuan mereduksi ukuran jerami padi dari 30-50 cm menjadi 1-2 cm.

Jerami hasil pencacahan tersebut akan diangkut dengan menggunakan *Belt Conveyor* tertutup (J-112B) menuju Reaktor Dilignifikasi (R-110) untuk mendegradasi ikatan lignin pada hemiselulosa dan selulosa sekaligus untuk menghidrolisis hemiselulosa menjadi *xylose*, *mannose*, dan *arabinose*. Waktu reaksi yang diperlukan adalah 10 menit. Pada Reaktor Dilignifikasi dialirkan *steam* dengan cara kontak langsung secara *continue* untuk mencapai temperatur operasi yaitu 215°C dengan tekanan 21 bar. Setelah itu, hasil dilignifikasi yang berupa *slurry* dialirkan menuju Tangki *Blowdown* (F-119) untuk menurunkan tekanan menjadi 1 bar kemudian didinginkan dengan menggunakan *Cooler* (E-115) sehingga diperoleh temperatur 35°C. Di *Rotary Vacuum Filter* (H-116) akan dipisahkan solid dan liquid dari *slurry* tersebut, komponen solid yang berupa selulosa dan lignin akan diangkut dengan menggunakan *Screw Conveyor* (J-211), solid tersebut akan mengalami proses pengangkutan lebih lanjut dengan menggunakan *bucket elevator* (J-212) untuk menuju *Bin* (F-213). Di dalam *Bin*, rate padatan yang akan masuk dalam tangki hidrolisis dapat diatur. Setelah melalui *Bin* tersebut, komponen solid dialirkan menuju ke Reaktor Hidrolisis (R-210) untuk proses hidrolisis selulosa. Sedangkan untuk komponen liquid yang

terdiri dari gula terlarut berupa xylosa akan masuk ke dalam Tangki Penampung Filtrat (F-216) lalu dialirkan dengan menggunakan Pompa Sentrifugal (L-219A) menuju tangki netralisasi (F-218).

2. Tahap Hidrolisis

Setelah tahap *pretreatment* komponen solid akan menuju ke Reaktor Hidrolisis (R-210) untuk proses hidrolisis selulosa. Tahap hidrolisis menggunakan asam encer karena reaksi hidrolisis secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam encer. Untuk mencapai temperatur operasi reaktor tersebut yang sebesar 190°C pada tekanan 12 bar digunakan aliran *steam*. Asam encer yang digunakan mempunyai kadar 1,5%. Asam (H_2SO_4) dialirkan menuju Tangki Pengenceran H_2SO_4 (F-118) dengan menggunakan Pompa Sentrifugal (L-114B).. Pada tangki Pengencer tersebut asam sulfat mengalami pengenceran dengan menggunakan air. Temperatur Asam Sulfat yang akan masuk ke dalam Reaktor Hidrolisis adalah 35 °C. Pada Reaktor Hidrolisis terjadi proses reaksi selulosa menjadi glukosa dengan konversi 50%. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut

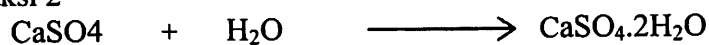


Hasil hidrolisis dari reaktor tersebut adalah berupa campuran asam sulfat encer, glukosa serta komponen solid atau lignin. Campuran tersebut akan dialirkan menuju Tangki Blowdown (F-214) untuk menurunkan tekanan menjadi 1 bar, kemudian dialirkan ke *cooler* (E-215) sehingga temperatur campuran menjadi 35°C. Campuran kemudian dialirkan menuju Tangki Netralisasi (F-218), pada tangki tersebut terjadi penetralan asam sulfat encer dengan menggunakan $Ca(OH)_2$ yang nantinya akan bereaksi dengan H_2SO_4 membentuk hidrat gypsum $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ yang mudah untuk dipisahkan karena gypsum ini mengendap dan bisa dijual sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi :

Reaksi 1



Reaksi 2



Tujuan netralisasi adalah agar tingkat keasaman tidak terlalu tinggi yaitu pH berkisar 4-6 sehingga dapat digunakan dalam proses fermentasi. Setelah

dinetralkan, campuran dialirkan menuju *Rotary Vacuum Filter* (H-311) Pada *Rotary Vacuum Filter* (H-311) ini, campuran akan dipisahkan menjadi komponen liquid dan komponen solid. Komponen solid akan dibuang ke limbah sedangkan komponen liquid yang berupa campuran asam sulfat encer dan glukosa akan dialirkan menuju Tangki Penampung (F-312). Selanjutnya hasil hidrolisis akan dialirkan menuju ke Tangki Starter (F-310) dengan menggunakan Pompa Slurry (L-314), hasil dari tangki stater kemudian dialirkan ke Tangki Fermentor (F-320) dengan menggunakan Pompa Slurry (L-315)

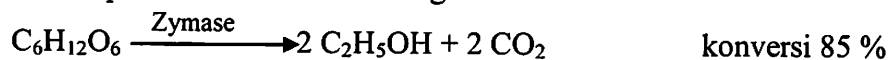
3. Tahap Starter

Hasil hidrolisis yang masuk ke Tangki Starter (F-310) sebesar 10% dari hasil hidrolisis. Kondisi operasi proses ini adalah pada temperatur 30 °C dan tekanan 1 bar dengan proses secara *batch*. Pada Tangki Starter (F-310) ditambahkan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ sebanyak 0,67 g/L volume yang masuk tangki dan urea $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ sebanyak 0,5% massa yang masuk dalam tengki. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dan $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ merupakan sumber unsur N dan P untuk keperluan pertumbuhan yeast. Yeast yang dipakai adalah *Saccharomyces cereviceae*, karena yeast ini menghasilkan etanol dengan yield yang tinggi dan memiliki toleransi tinggi terhadap etanol. Jumlah yeast yang digunakan adalah 10% dari massa total komponen yang masuk ke dalam Tangki Starter (F-310), tahap ini berlangsung selama 24 jam.

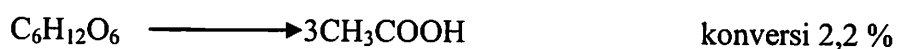
Reaksi yang terjadi pada tahap pembuatan starter adalah pembentukan sel-sel yeast dan reaksi pembentukan alkohol serta beberapa reaksi samping menghasilkan asam asetat, asam laktat dan xylitol. Pembuatan larutan starter dilakukan pada kondisi aerob karena adanya oksigen akan menghambat pembentukan alkohol, tetapi dapat meningkatkan jumlah sel ragi yang tumbuh.

Reaksi yang terjadi pada tahap starter

- a. Reaksi pembentukan etanol dari glukosa



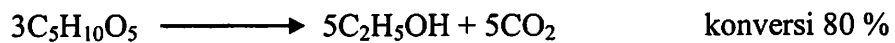
- b. Reaksi pembentukan Asam Asetat dari glukosa



- c. Reaksi Pembentukan Asam Laktat dari glukosa



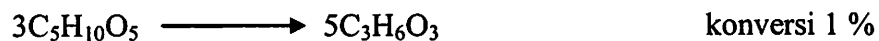
d. Reaksi Pembentukan Etanol dari Xylose



e. Reaksi Pembentukan Asam Asetat dari Xylose



f. Reaksi Pembentukan Asam Laktat dari Xylose



g. Reaksi Pembentukan Xylitol dari Xylose



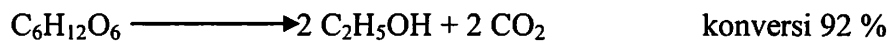
Selanjutnya larutan starter ini dialirkan ke Tangki Fermentor (R-320) dengan menggunakan Pompa Sentrifugal (L-315).

4. Tahap Fermentasi

Hasil hidrolisis dan larutan starter akan masuk ke Tangki Fermentor (R-320). Proses fermentasi dilangsungkan pada pH 4-6, pada temperatur 30-35°C (Frings, 2006) dan kondisi fermentasi dijaga anaerobik. Pada Tangki Fermentor (R-320) proses berlangsung secara *batch*. Mikroba yang membantu proses fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi mampu menghasilkan etanol sampai kadar 12% karena diatas kadar tersebut mikroorganisme yang membantu proses fermentasi tidak dapat bekerja lagi. Kandungan dalam umpan fermentor ini adalah berupa glukosa, xylosa, arabinose, galactose, dan furfural yang akan difermentasi oleh *Saccharomyces cereviceae* yang diumpankan dari tangki starter. Untuk mencegah terbentuknya buih dalam Tangki Fermentor (R-320) akibat adanya pengadukan yang dapat mengganggu terjadinya proses fermentasi di dalam tangki tersebut, maka ke dalam tangki tersebut ditambahkan antifoam "*Turkey Red Oil* sebanyak 24,2% dari volume *feed* per hari. Proses di dalam tangki ini terjadi selama 36 jam dengan suhu operasi 30°C. Hasil fermentasi kemudian akan dialirkan menuju Tangki Penampung (F-322) dengan menggunakan Pompa Sentrifugal (L-321A) , dalam tangki penampung terjadi proses inaktivasi bakteri yang digunakan agar tidak terjadi fermentasi lebih lanjut. Inaktivasi dilakukan dengan memanaskan tangki penampung menggunakan steam sampai suhu 60 °C. Dari Tangki Penampung dialirkan menuju *Rotary Vacuum Filter* (H-323) dengan menggunakan Pompa

Slurry (L-321B). Pada *Rotary Vacuum Filter* ini terjadi pemisahan komponen solid yang berupa gypsum hasil dari tahap hidrolisis dan liquid yang berupa *beer* (campuran etanol, bahan yang tidak terkonversi, hasil samping reaksi, dan air). Komponen solid tersebut dapat dijual sebagai produk samping, sedangkan komponen liquid dialirkan ke Tangki Penampung (F-324) yang berfungsi sebagai penampung sementara komponen liquid, kemudian komponen liquid dialirkan dengan menggunakan Pompa Sentrifugal (L-321C) menuju tahap purifikasi yang terdiri dari Kolom Distilasi (D-410) dan membran untuk memurnikan etanol yang diperoleh. Reaksi dan konversi yang terjadi pada reaktor fermentasi adalah sebagai berikut :

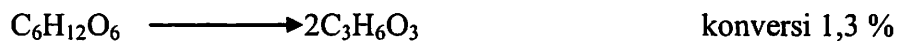
a. Reaksi Pembentukan Etanol dari Glukosa



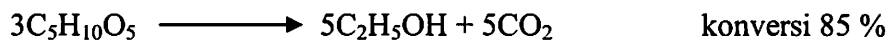
b. Reaksi pembentukan Asam Asetat dari glukosa



c. Reaksi Pembentukan Asam Laktat dari glukosa



d. Reaksi Pembentukan Etanol dari Xylose



e. Reaksi Pembentukan Asam Asetat dari Xylose



f. Reaksi Pembentukan Asam Laktat dari Xylose



g. Reaksi Pembentukan Xylitol dari Xylose



5. Tahap Pemurnian

Etanol dengan konsentrasi rendah yang dihasilkan pada tahap fermentasi yaitu berkadar 5-10 % akan dimurnikan lagi sehingga dapat diperoleh etanol dengan kadar tinggi yaitu 99,7 %. Proses pemurnian tersebut diawali dengan memasukkan etanol hasil dari Tahap Fermentasi menuju Kolom Distilasi (D-410) yang beroperasi pada tekanan 1 bar. Kolom Distilasi ini akan menghasilkan *overhead vapor* yang mengandung 60,03 % berat etanol sedangkan pada *bottom*

akan dihasilkan air dan juga sebagian kecil etanol yang masih terikut dengan kandungan 0,4 % berat etanol. Vapor tersebut kemudian dikondensasikan dengan menggunakan Kondenser (E-411) sampai suhu 80°C. Setelah itu distilat akan dialirkan ke Membran Separator (D-416), membran yang digunakan adalah *Polyvinil Alcohol*, pada membran ini proses purifikasi terjadi dalam dua tahap. Pada tahap pertama, Membran Separator (D-416A) ini mengurangi jumlah kandungan air dari 40 % berat menjadi 10 % berat. Dari membran unit pertama ini juga dihasilkan *vapor* yang memiliki kandungan air tinggi yaitu 91 % berat atau sekitar 9 % berat kandungan etanol.. Kandungan air pada produk residu dari Membran Separator (D-416A) akan dihilangkan melalui Membran Separator (D-416B). Unit ini akan mengurangi jumlah kandungan air dari 10 % berat menjadi 0,3 % berat air. *Stream* yang mengandung kadar etanol 99,7 % berat tersebut akan dialirkan ke *Ethanol Storage* (F-419) dengan menggunakan Pompa Sentrifugal (L-417).

6. Tahap penanganan produk

Produk utama (bioetanol) pada storage (F – 419) dan produk samping CO₂ ditampung pada storage CO₂ (F – 155), kemudian di pompa ke tangki – tangki dan sebagian di kemas di dalam drum – drum. Selanjutnya produk – produk hasil dari pabrik bioetanol ini siap dipasarkan.

BAB III NERACA MASSA

Bahan Baku	=	62.700	ton/thn
Kondisi Operasi			
1 tahun	=	330	hari
1 hari	=	24	jam
Basis	=	1	hari operasi
Bahan Baku	=	190	ton/hari

Komposisi jerami Padi

No	Komponen	% massa	Massa (kg/hari)
1	Selulosa	38,90%	73910,0
2	Xylan	20,40%	38760,0
3	Arabinan	3,40%	6460,0
4	Galactan	0,50%	950,0
6	Lignin	13,50%	25650,0
7	Ash	18,00%	34200,0
8	H2O	5,30%	10070,0
Total		100%	190000

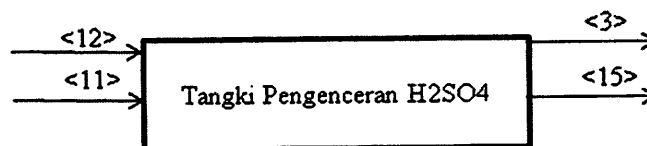
(sumber : Kadam, L.Kiran,Rice Straw as Lignocelulosic Resource, NERL)

1. Tangki Pengenceran H2SO4

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 35 C



Tabel 3.1 Neraca Massa Tangki Pengenceran H2SO4

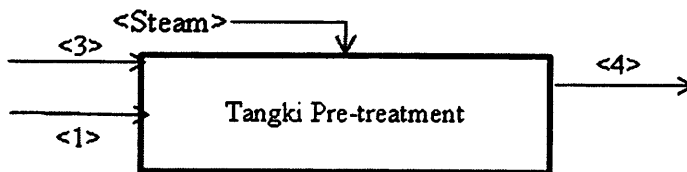
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
aliran <11>		aliran<3>	
H2SO4	1.425,0	H2SO4	855,0
H2O	29,08	H2O	56.145,0
Total	1.454,08	Total	57.000,0
aliran <12>		aliran<15>	
H2O	93.545,92	H2SO4	570,00
		H2O	37.430,0
Total	93.545,92	Total	38.000,0
Total	95.000,00	Total	95.000,0

2. Tangki Pre-treatment

Kondisi Operasi

Tekanan = 21 bar

Temperatur = 215 C



Tabel3.2 Neraca Massa Tangki Pretreatment

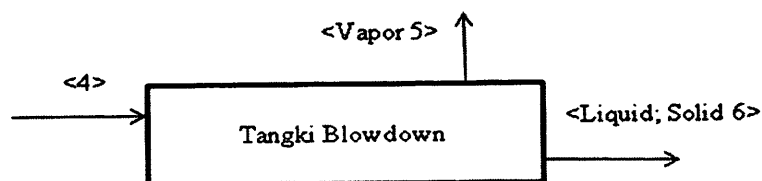
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <3>		Aliran <4>	
H2O	56.145,00	Selulosa	69.105,85
H2SO4	855,00	Xylan	5.814,00
Aliran <1>		Arabinan	969,00
Selulosa	73.910,00	Galactan	95,00
Xylan	38.760,00	Lignin	25.650,00
Arabinan	6.460,00	ash	34.200,00
Galactan	950,00	H2O	90.475,95
Lignin	25.650,00	H2SO4	855,00
ash	34.200,00	Glucose	5.337,94
H2O	10.070,00	Xylose	33.034,09
Aliran <Steam>		Arabinose	5.505,68
H2O	28.233,74	Galactose	791,67
		Furfural	3.288,73
		HMF	110,83
Total	275.233,74		275.233,74

3. Tangki Blowdown

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 102 C



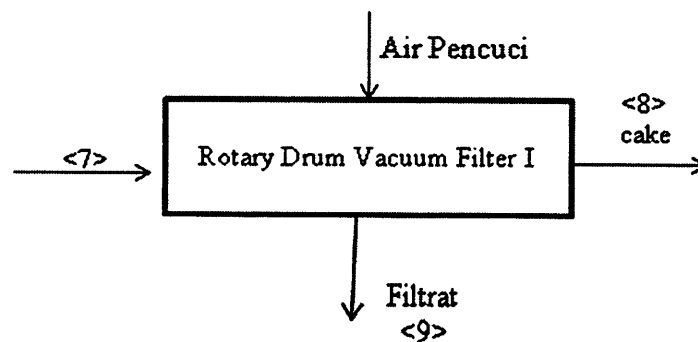
Tabel 3.3 Neraca Massa Tangki Blow Down

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran < 4 >		Aliran < 6 >	
H2O	90.475,95	H2O	64.289,13
H2SO4	855,00	H2SO4	851,20
Glucose	5.337,94	Glucose	5.337,94
Xylose	33.034,09	Xylose	33.033,93
Arabinose	5.505,68	Arabinose	5.505,66
Galactose	791,67	Galactose	791,67
Furfural	3.288,73	Furfural	2.740,79
HMF	110,83	HMF	110,83
		Total	112.661,2
		Aliran < 5 >	
		H2O	26.186,82
		H2SO4	3,80
		Glucose	0,00
		Xylose	0,16
		Arabinose	0,02
		Galactose	0,00
		Furfural	547,94
		HMF	0,00
		Total	26.738,74
Total	139.399,9	Total	139.399,9

4. Rotary Drum Vacuum Filter I

Kondisi Operasi

Tekanan	=	1 bar
Temperatur	=	35 C
Tekanan Vacuum	=	560 mmHg



Aliran 7 = Aliran 6

Tabel 3.4 Neraca Rotary vacuum Filter I

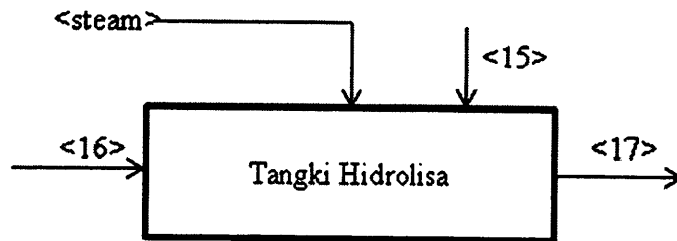
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <7>		Aliran <8>	
Selulosa	69.105,85	Selulosa	69.105,85
Xylan	5.814,00	Xylan	5.814,00
Arabinan	969,00	Arabinan	969,00
Galactan	95,00	Galactan	95,00
Lignin	25.650,00	Lignin	25.650,00
ash	34.200,00	Ash	34.200,00
H2O	64.289,13	H2O	2.187,85
H2SO4	851,20	H2SO4	9,31
Glucose	5.337,94	Glucose	58,36
Xylose	33.033,93	Xylose	361,14
Arabinose	5.505,66	Arabinose	60,19
Galactose	791,67	Galactose	8,65
Furfural	2.740,79	Furfural	29,96
HMF	110,83	HMF	1,21
Total	248.495,0	Total	138.550,5
Aliran <Air Pencuci>		Aliran<9>	
H2O	135.833,9	H2O	197.935,1
		H2SO4	841,90
		Glucose	5.279,58
		Xylose	32.672,79
		Arabinose	5.445,47
		Galactose	783,01
		Furfural	2.710,82
		HMF	109,62
Total	135.833,85	Total	245.778,33
Total	384.328,86	Total	384.328,86

5. Tangki Hidrolisa

Kondisi Operasi

Tekanan = 12 bar

Temperatur = 160 C



Aliran 16 = Aliran 8

Tabel 3.5 Neraca Massa Tangki Hydrolisa

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <16>		Aliran <17>	
Selulosa	69.105,85	Selulosa	33.998,60
Xylan	5.814,00	Xylan	5.814,00
Arabinan	969,00	Arabinan	969,00
Galactan	95,00	Galactan	95,00
Lignin	25.650,00	Lignin	25.650,00
ash	34.200,00	ash	34.200,00
H2O	2.187,85	H2O	146.439,0
H2SO4	9,31	H2SO4	579,31
Glucose	58,36	Glucose	39.066,41
Xylose	361,14	Xylose	361,14
Arabinose	60,19	Arabinose	60,19
Galactose	8,65	Galactose	8,65
Furfural	29,96	Furfural	29,96
HMF	1,21	HMF	1,21
Total	138.550,5		
Aliran <15>			
H2O	37.430,00		
H2SO4	570,00		
Total	38.000,00		
Aliran <steam>			
H2O	110.722,0		
Total	110.722,0		

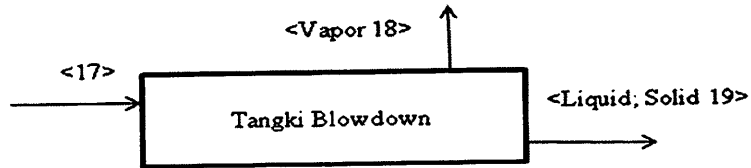
Total	287.272,5	Total	287.272,5
--------------	-----------	--------------	-----------

6. Tangki Blowdown

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 101 C



Tabel 3.6 Neraca Massa Tangki Blow Down

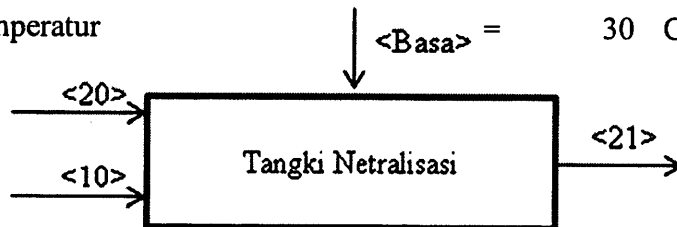
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <17>		Aliran <18 > Top	
H2O	146.439,0	H2O	25.811,27
H2SO4	579,31	H2SO4	1,29
Glucose	39.066,41	Glucose	0,01
Xylose	361,14	Xylose	0,00
Arabinose	60,19	Arabinose	0,00
Galactose	8,65	Galactose	0,00
Furfural	29,96	Furfural	2,76
HMF	1,21	HMF	0,00
		Total	25.815,33
		Aliran <19 > bottom	
		H2O	120.627,8
		H2SO4	578,02
		Glucose	39.066,40
		Xylose	361,14
		Arabinose	60,19
		Galactose	8,65
		Furfural	27,20
		HMF	1,21
		Total	160.730,6
Total	186.545,9		186.545,9

7. Tangki Netralisasi

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur <Basa> = 30 C



Aliran 20 = Aliran 19

Tabel 3.7 neraca massa Tangki Netralisasi

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <10>		Aliran <21>	
H2O	197.935,1	Selulosa	33.998,6
H2SO4	841,90	Xylan	5.814,00
Glucose	5.279,58	Arabinan	969,00
Xylose	32.672,79	Galactan	95,00
Arabinose	5.445,47	Lignin	25.650,00
Galactose	783,01	ash	34.200,00
Furfural	2.710,82	H2O	318.682,0
HMF	109,62	Glucose	44.345,99
Total	245.778,3	Xylose	33.033,9
Aliran <20>		Arabinose	5.505,66
Selulosa	33.998,6	Galactose	791,67
Xylan	5.814,00	Furfural	2.738,03
Arabinan	969,00	HMF	110,83
Galactan	95,00	Gypsum	2.492,09
Lignin	25.650,00		
ash	34.200,00		
H2O	120.627,8		
H2SO4	578,02		
Glucose	39.066,4		
Xylose	361,14		
Arabinose	60,19		
Galactose	8,65		
Furfural	27,20		
HMF	1,21		
Total	261.457,2		
Basa			

BAB IV

NERACA ENERGI

Bahan Baku	= 62700 ton/tahun
1 tahun	= 330 hari
1 hari	= 24 jam
Basis operasi	= 1 hari
Satuan	= Joule
Suhu Referensi	= 25°C

Fase pada kondisi Reference :

1. Solid : Selulosa, Xylan, Arabinan, Galactan, Lignin, Ash
2. Liquid : H₂O, H₂SO₄, (NH₄)₂HPO₄, antifoam, Ca(OH)₂, urea
3. Gas : -

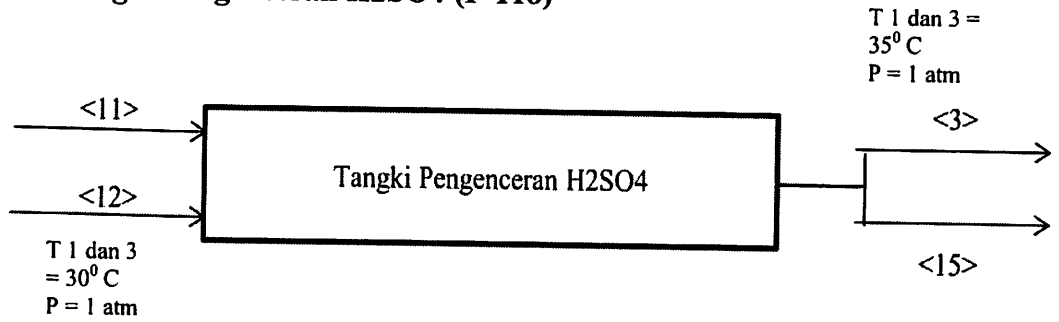
Neraca Energi

Input – Output + Generasi – Konsumsi = Akumulasi

Asumsi :

- a. Tidak ada akumulasi energi pada sistem (steady state)
- b. Neraca energy dihitung perkapasitas alat
- c. Perubahan energy kinetic diabaikan
- d. Perubahan energy potensial diabaikan

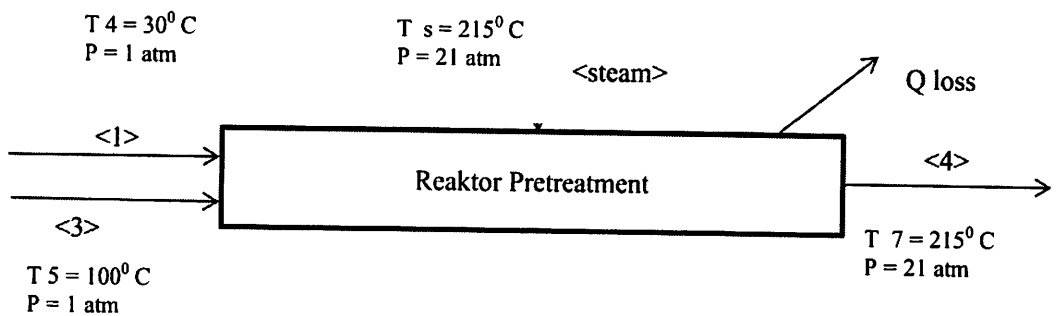
1. Tangki Pengenceran H2SO4 (F-118)



Tabel 4.1 Neraca Energi Tangki Pengenceran

Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Keluar (kJ/hari)	Energi (kJ/hari)
H 11	-43,696	H 3 dan 15	11,488,185.2
H 12	11,532,154.2		
TOTAL	11,488,185.2	TOTAL	11,488,185.2

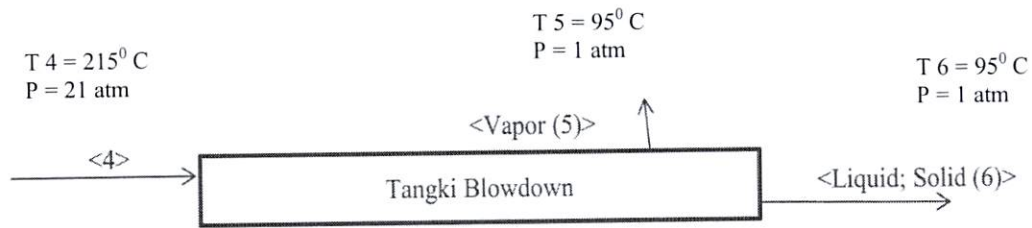
2. Reaktor Delignifikasi (R-110)



Tabel 4.2 Neraca Energi Reaktor Pretreatment

Neraca Energi Reaktor Pretreatment			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H 1	81,351,572.1	H 4	111,019,132.02
H 3	17,126,943.8	H reaksi	16,845,538.35
H Steam	64,310,953.36	H kondensat	18,645,851.94
		Q loss	16,278,946.92
TOTAL			162,789,469.23

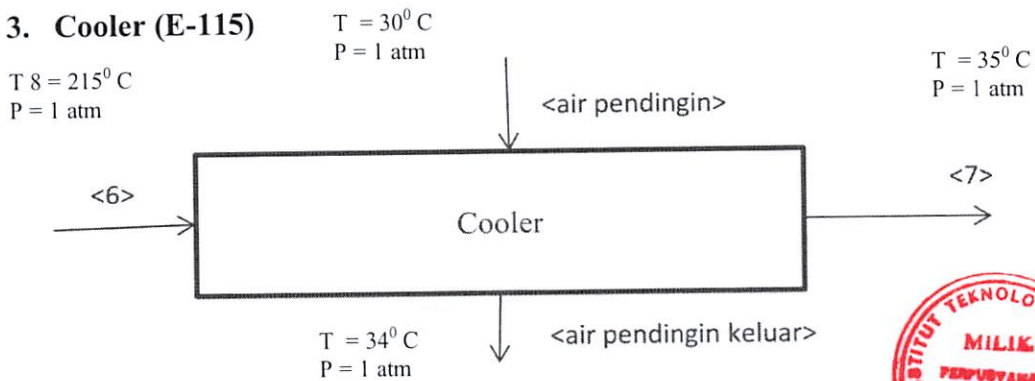
Tangki Blowdown (F-119)



Tabel 4.3 Neraca Energi Tangki Blowdown

Neraca Energi Tangki Blowdown			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H 4	108,070,232.08	H 5	7,261,192
		H 6	31,026,181.92
		Panas Laten	69,782,858
TOTAL	108,070,232.08		108,070,232.08

3. Cooler (E-115)

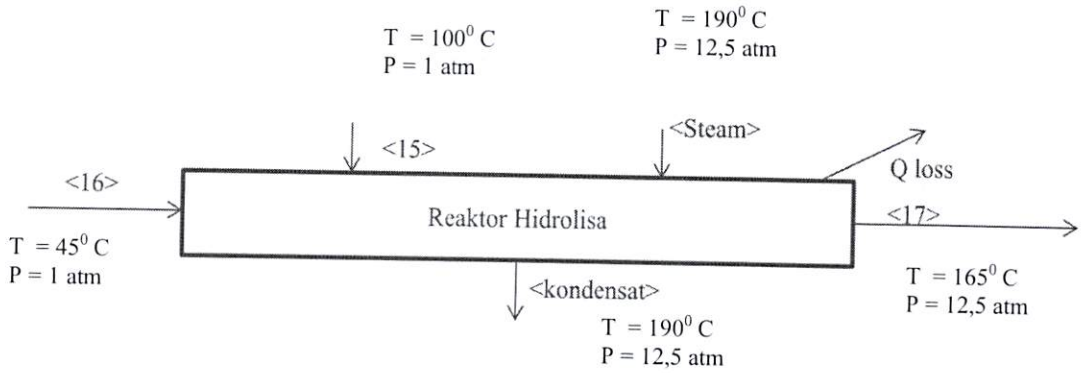


Tabel 4.4 Neraca Energi Cooler

Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H 6	75,613,877.19	H 7	3,907,491.31
		Q out	71,706,385.87
TOTAL	75,613,877.19		75,613,877.19



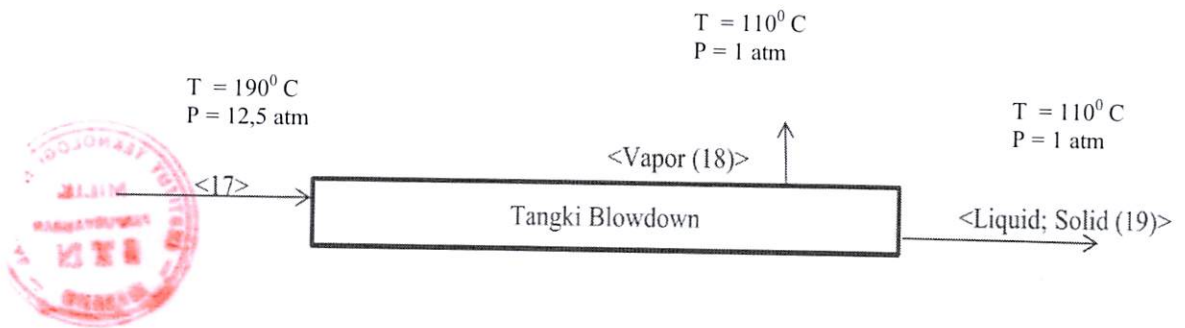
4. Reaktor Hidrolisa (R-210)



Tabel 4.5 Neraca Energi Reaktor Hidrolisa

Neraca Energi Reaktor Hidrolisa			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H 15	11,417,962.51	H 17	147,932,983.14
H 16	1,653,223.46	H reaksi	-61,944,792.57
H Steam	121,008,966.20	H kondensat	34,683,946.34
		Q loss	13,408,035.64
TOTAL	134,080,152.24		134,080,152.24

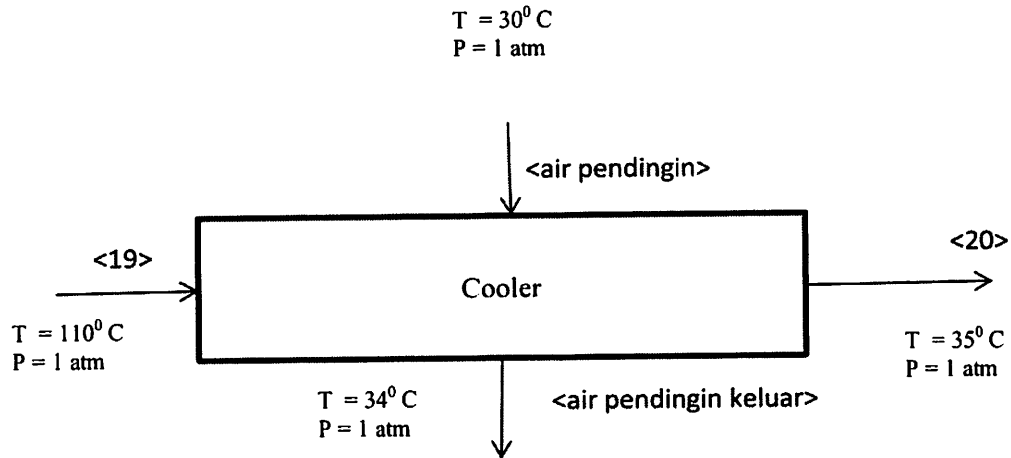
6. Tangki Blowdown (F-214)



Tabel 4.6 Neraca Energi Tangki Blowdown

Neraca Energi Tangki Blowdown			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H 17	129,448,302.0	H 19	62,482,222.80
		Panas Laten	66,966,079.19
TOTAL	129,448,302.00		129,448,302.00

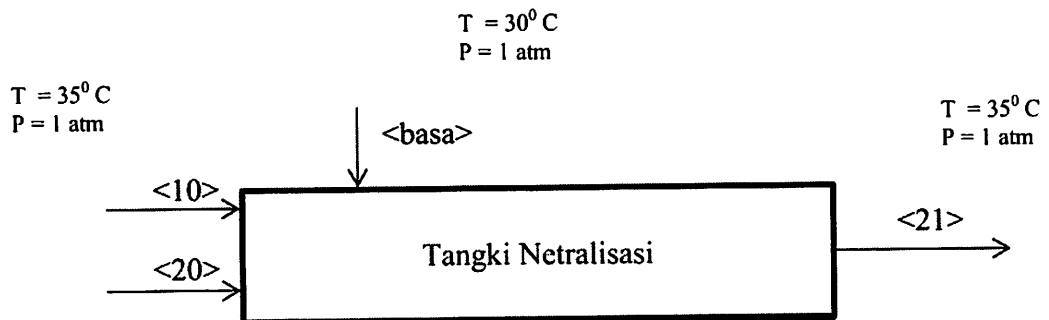
7. Cooler (E-215)



Tabel 4.7 Neraca Energi Cooler

Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H 19	56,355,489.8	H 20	3,283,297.36
		Q out	53,072,191.40
TOTAL	56,355,489.8		56,355,489.8

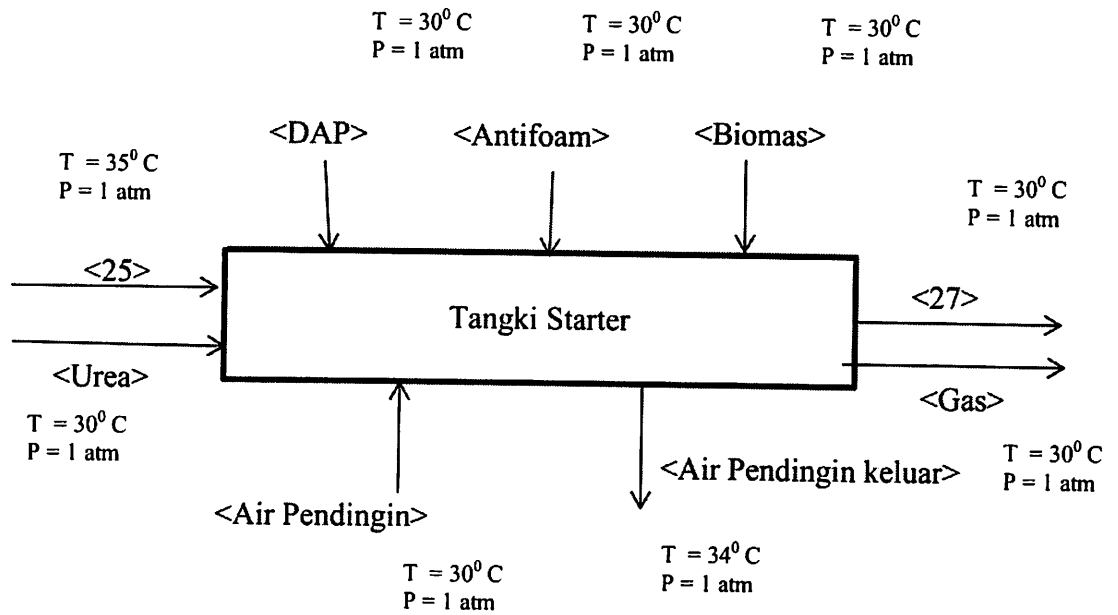
8. Tangki Netralisasi (F-218)



Tabel 4.8 Neraca Energi Reaktor Netralisasi

Neraca energi Reaktor Netralisasi			
Masuk (kJ/hari)		keluar (kJ/hari)	
H 10	6,568,337.78	H 21	13,773,822.96
H 20	7,956,889.07	H reaksi	772,752.88
H basa	21,349		
Jumlah	14,546,575.8	Jumlah	14,546,575.8

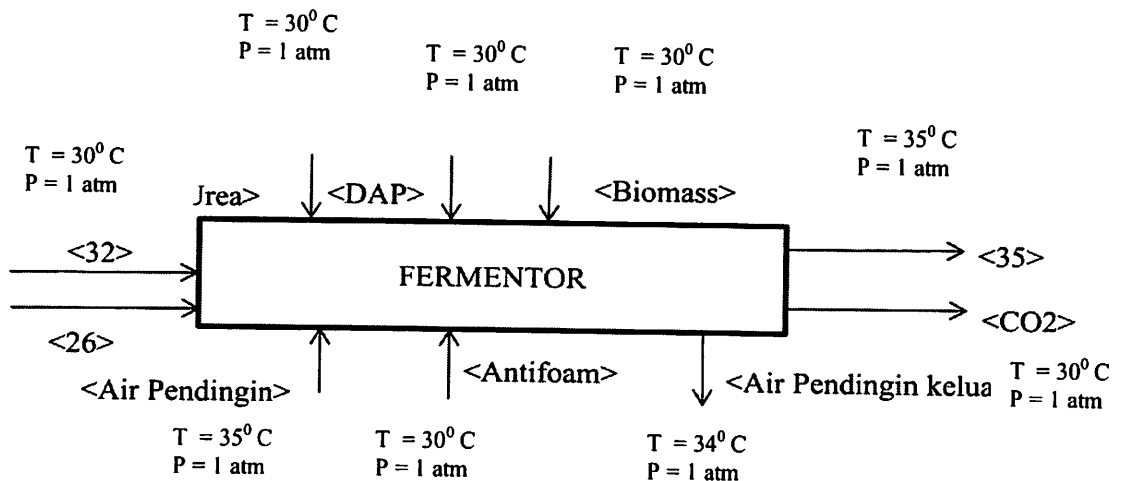
9. Reaktor Starter (R-310)



Tabel 4.9 Neraca Energi Reaktor Starter

Neraca Energi Reaktor Starter			
Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H 25	1,650,512.28	H 27	1,850,561.06
Urea	3,188.70	H reaksi	-2,376,027.5
DAP	491.75	Q out	2,207,213.25
Antifoam	261.99	H gas	34,820.55
Biomass	62,112.60		
TOTAL	1,716,567.32		1,716,567.32

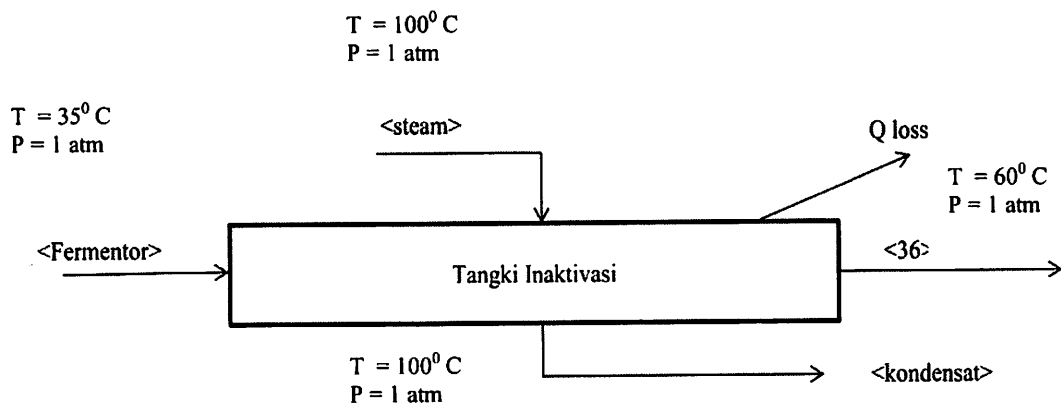
10. Reaktor Fermentor (R-320)



Tabel 4.10 Neraca Energi Reaktor Fermentor

Neraca Energi Reaktor Fermentor			
masuk (kJ/kg)		keluar (kJ/kg)	
H 32	1,850,561.06	H 35	18,602,083.9
H 26	4,420,997.95	H Gas	340,180.77
Bio	651,294.97	H reaksi	-24,065,177
Urea	33,453.81	Q out	12,627,169.62
DAP	5,198.17		
Antifoam	2,769.38		
TOTAL	6,964,257.3	TOTAL	6,964,257.3

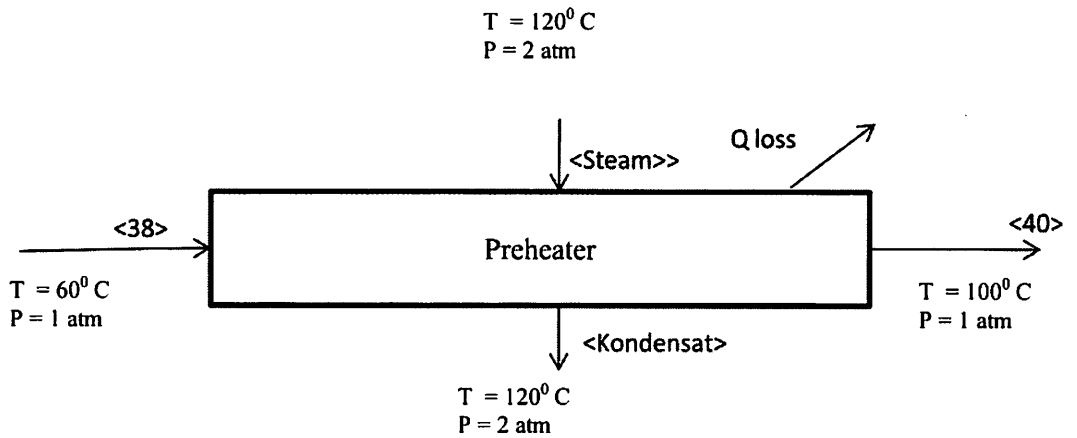
11. Tangki Inaktivasi Mikroorganism (F-322)



Tabel 4.11 Neraca Energi Tangki Inaktivasi Mikroorganism

Neraca Energi Tangki Penampung			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H Fermentor	18,602,083.94	H 36	65,162,574.71
H Steam	65,173,472.58	H kondensat	10,203,026.16
		Q loss	8,373,955.65
TOTAL	83,739,556.52		83,739,556.52

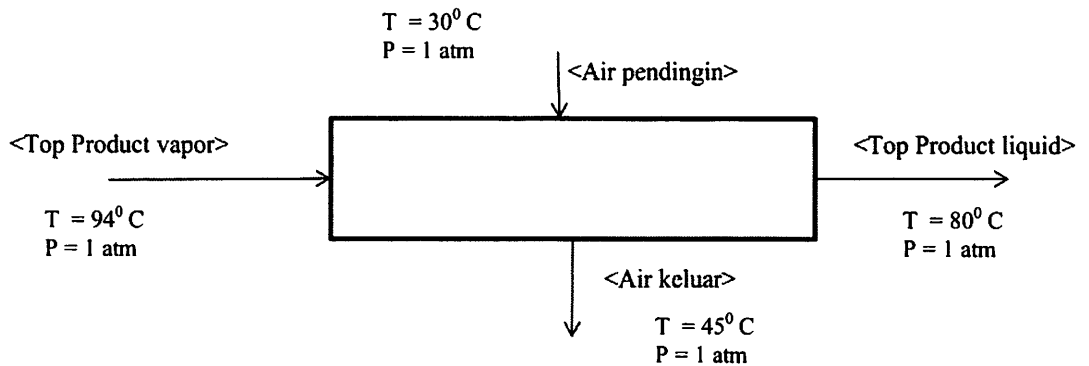
12. Preheater (E-311)



Tabel 4.12 Neraca Energi Preheater

Neraca Energi Tangki Penampung			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H 38	70,435,484.49	H 40	151,169,754.73
H Steam	123,029,572.95	H kondensat	22,948,796.97
		Q loss	19,346.505.74
TOTAL	193,465,057.44		193,465,057.44

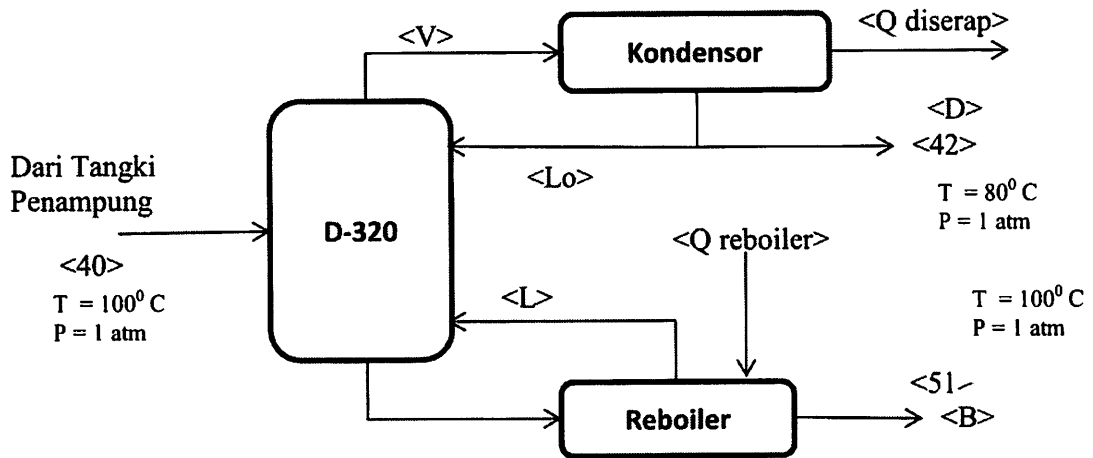
13. Kondensor (F-412)



Tabel 4.13 Neraca Energi Kondensor

Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H Top Vap	171,014.015	H Top Liq	136,853,667
Panas Laten	1,169,909,493	Q out	1,204,069,831
TOTAL	1,340,923,508		1,340,923,508

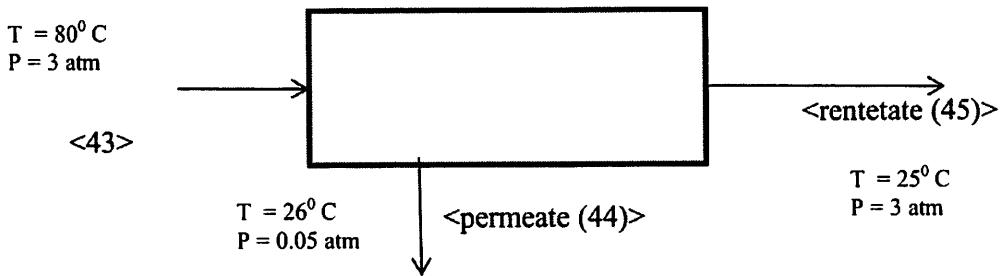
14. Kolom Distilasi (D-410)



Tabel 4.14 Neraca Energi Kolom Distilasi

Neraca Energi Kolom Distilasi I			
Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H 40	151,159,817	H 42	138,221,991
Q reboiler	1,271,822,344	H 51	9,541,230.59
		Q loss	71,149,108
		Q out	1,204,066,736
TOTAL	1,422,982,160		1,422,982,160

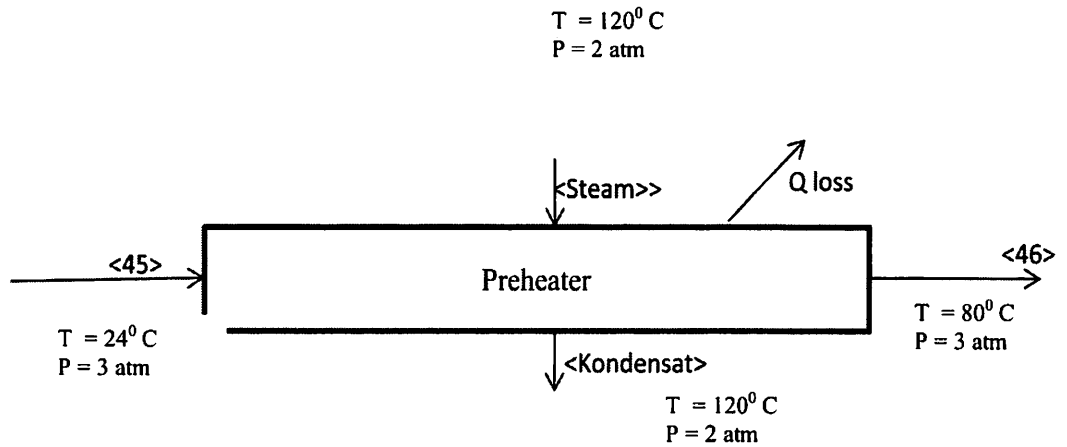
15. Membran 1 (D-416A)



Tabel 4.15 Neraca Energi Membran 1

Neraca Energi Membran 1			
Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H 43	9,911,112.12	H Permeate	187,825.79
		Panas Laten (Permeate)	9,723,286.32
TOTAL	9,911,112.12		9,911,112.12

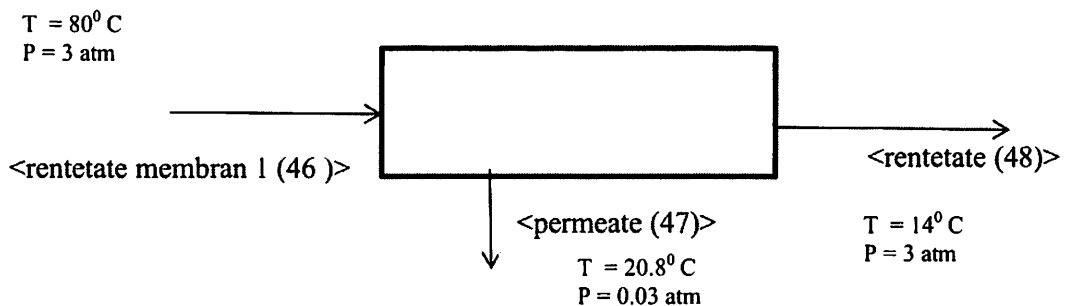
16. Preheater (E-332)



Tabel 4.16 Neraca Energi Preheater

Neraca Energi Tangki Penampung			
Aliran Masuk	Energi (kJ/hari)	Aliran Keluar	Energi (kJ/hari)
H 45	189,530.41	H 46	6,436,076.2
H Steam	8,755,171.56	H kondensat	1,633,108.61
		Q loss	875,517.16
TOTAL	8,944,701.97		8,944,701.97

17. Membran 2 (D-416B)



Tabel 4.17 Neraca Energi Membran 2

Neraca Energi Membran 2			
Masuk (kJ/hari)		Keluar (kJ/hari)	
H 46	7,444,300.93	H Permeate (47)	296,747.44
		Panas Laten (Permeate)	7,147,553.49
TOTAL	7,444,300.93		7,444,300.93

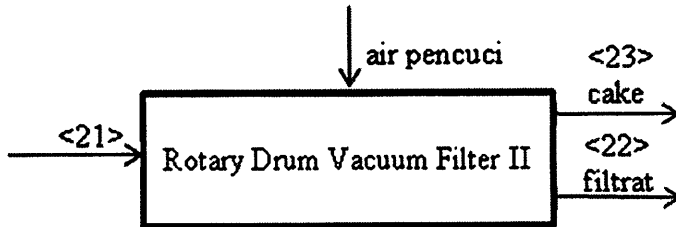
Ca(OH) ₂	1.072,18	
H ₂ O	119,13	
Total	508.426,8	508.426,8

8. Rotary Drum Vacuum Filter II

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 35 C



Tabel 3.8 Neraca Rotary vacuum Filter II

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <21>		Aliran <23> Cake	
Selulosa	33.998,60	Selulosa	33.998,60
Xylan	5.814,00	Xylan	5.814,00
Arabinan	969,00	Arabinan	969,00
Galactan	95,00	Galactan	95,00
Lignin	25.650,00	Lignin	25.650,00
ash	34.200,00	ash	34.200,00
H ₂ O	318.682,0	H ₂ O	1.713,05
Glucose	44.345,99	Glucose	180,06
Xylose	33.033,93	Xylose	134,13
Arabinose	5.505,66	Arabinose	22,35
Galactose	791,67	Galactose	3,21
Furfural	2.738,03	Gypsum	2.492,09
HMF	110,83		
Gypsum	2.492,09		
Total	508.426,8	Total	105.271,5
Aliran <Air Pencuci>		Aliran<22> Filtrat	
H ₂ O	103.218,7	H ₂ O	420.187,7
		Glucose	44.165,93
		Xylose	32.899,81
		Arabinose	5.483,31
		Galactose	788,45

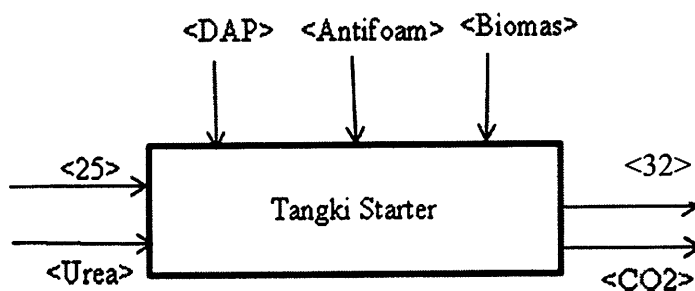
		Furfural	2.738,03
		HMF	110,83
Total	103.218,7	Total	506.374,0
Total	611.645,5	Total	611.645,5

9. Tangki Starter

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 35 C



$$\text{Aliran 25} = 10\% \times \text{Aliran 22}$$

Tabel 3.9 Neraca Massa Tangki starter

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <25>		Aliran <32>	
H2O	42.018,8	H2O	42.306,6
Glucose	4.416,6	Glucose	328,30
Xylose	3.290,0	Xylose	516,53
Arabinose	548,3	Arabinose	109,67
Galactose	78,8	Galactose	15,77
Furfural	273,8	Furfural	273,80
HMF	11,1	HMF	11,08
Total	50.637,40	Etanol	3.520,45
UREA		Asam Asetat	130,06
Urea	253,19	Asam Laktat	100,19
Total	253,19	Biomass	5.243,35
DAP		Xylitol	66,68
DAP	31,26	Total	52.622,48
Total	31,26	Aliran <CO2>	
AntiFoam		CO2	3.367,38
AntiFoam	11,29	O2	7,02
Total	11,29	Total	3.374,40

Biomass	5.063,74		
<i>S.Cerivisae</i>	5.063,74		
Total	55.996,9	Total	55.996,9

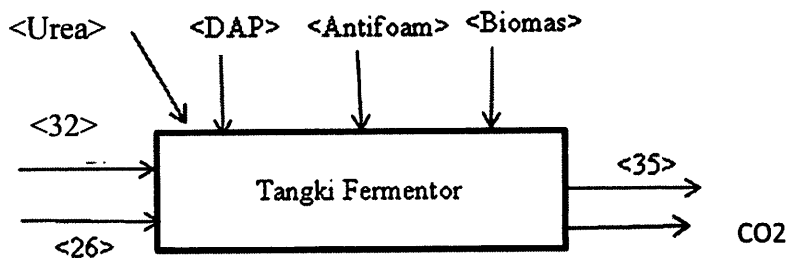
10. Tangki Fermentor

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 35 C

Aliran 26 = 90% aliran 24



Tabel 3.10 Neraca Massa fermentor

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <26>		Aliran <35>	
H2O	378.168,9	H2O	423.395,5
Glucose	39.749,3	Glucose	173,67
Xylose	29.609,8	Xylose	3.193,39
Arabinose	4.935,0	Arabinose	756,70
Galactose	709,6	Galactose	108,81
Furfural	2.464,2	Furfural	2.738,03
HMF	99,8	HMF	110,83
Total	455.736,6	Etanol	37.960,82
Aliran <27>		Asam Aetat	1.734,81
H2O	42.306,6	Asam Laktat	1.042,96
Glucose	328,3	Biomass	57.184,75
Xylose	516,5	Xylitol	249,85
Arabinose	109,7	Total	528.650,1
Galactose	15,8	Aliran <CO2>	
Furfural	273,8	CO2	32.942,97
HMF	11,1	O2	19,28
Etanol	3.520,4	Total	32.962,25
Asam Aetat	130,1		
Asam Laktat	100,2		
Biomass	5.243,3		
Xylitol	66,7		
Total	52.622,48		
UREA			

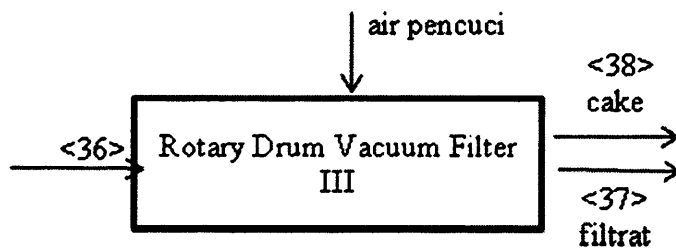
Urea	2.515,58		
DAP DAP	313,04		
AntiFoam Antifoam	113,07		
Biomass <i>S.Cerivisae</i>	50.311,57		
Total	561.612,4	Total	561.612,4

11. Rotary Drum Vacuum Filter III

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 35 C



Aliran 35 = Aliran 36

Tabel 3.11 Neraca Rotary vacuum Filter III

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <36>		Aliran <38> Cake	
H2O	423.395,5	H2O	1.039,70
Glucose	173,67	Glucose	0,38
Xylose	3.193,39	Xylose	6,91
Arabinose	756,70	Arabinose	1,64
Galactose	108,81	Galactose	0,24
Furfural	2.738,03	Furfural	5,92
HMF	110,8	HMF	0,24
Etanol	37.960,82	Etanol	82,13
Asam Asetat	1.734,81	Asam Asetat	3,75
Asam Laktat	1.042,96	Asam Laktat	2,26
Biomass	57.184,75	Biomass	57.184,75
Xylitol	249,85	Xylitol	0,54

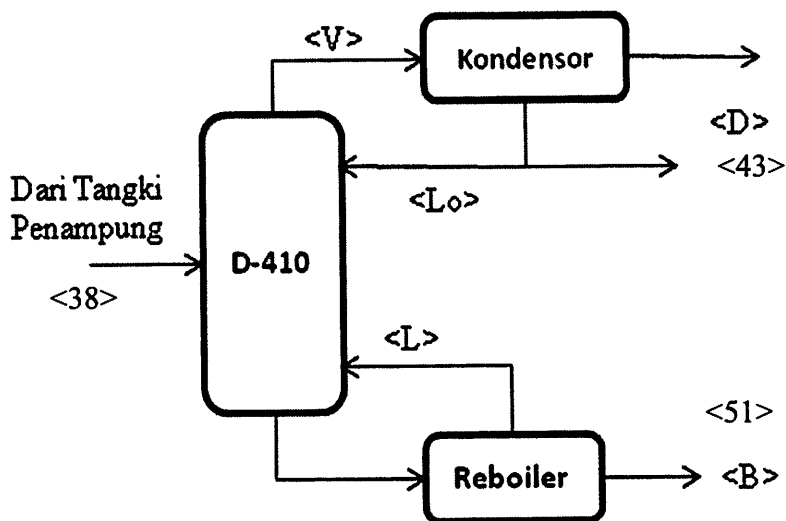
Total	528.650,1	Total	58.328,44
Aliran (Air pencuci)		Aliran<37> Filtrat	
H2O	57.184,7	H2O	479.540,6
		Glucose	173,29
		Xylose	3.186,48
		Arabinose	755,06
		Galactose	108,57
		Furfural	2.732,11
		HMF	110,59
		Etanol	37.878,69
		Asam Asetat	1.731,05
		Asam Laktat	1.040,71
		Biomass	0,00
		Xylitol	249,30
Total	57.184,75	Total	527.506,4
Total	585.834,86	Total	585.834,9

12. Kolom Distilasi I

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 bar

Temperatur = 100 C

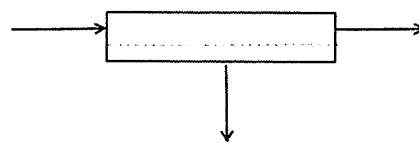


Tabel 3.12 Neraca Massa Kolom distilasi

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <40>		Aliran <41> Distilat	
H2O	479.540,6	H2O	23.964,11
Glucose	173,29	Etanol	35.982,81
Xylose	3.186,48	Asam Asetat	1,34
Arabinose	755,06	Total	59.948,25
Galactose	108,57	Aliran <51> Bottom	
Furfural	2.732,11	H2O	455.576,4
HMF	110,59	Glucose	173,29
Etanol	37.878,69	Xylose	3.186,48
Asam Asetat	1.731,05	Arabinose	755,06
Asam Laktat	1.040,71	Galactose	108,57
Xylitol	249,30	Furfural	2.732,11
Total	527.506,4	HMF	110,59
		Etanol	1.895,89
		Asam Asetat	1.729,72
		Asam Laktat	1.040,71
		Xylitol	249,30
		Total	467.558,2
Total	527.506,4		527.506,4

14. Membran 1

<Aliran 43>
Distilat kolom distilasi



Rentetate
<aliran 44>

Permeate <Aliran 45>

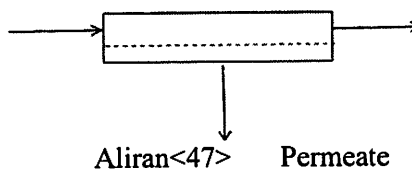
Asumsi : Jumlah Asam Asetat diabaikan, karena terlalu kecil

Tabel 3.13 Neraca Massa Membran I

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <43>		Aliran <45>	
H2O	23.964,11	H2O	13.505,36
Etanol	35.982,81	Etanol	2.864,77
Total	59.946,92	Total	16.370,13
		Aliran <44>	
		H2O	10.458,75
		Etanol	33.119,37
		Total	43.578,12
Total	59.946,92	Total	59.948,25

15. Membran 2

Aliran 46 = aliran 44
 Aliran <46>
 rentetate
 membran 1



Rentetate
 Aliran <48>

Tabel 3.14 Neraca Massa Membran II

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran <46>		Aliran <47>	
H2O	10.458,75	H2O	10.362,18
Etanol	33.119,37	Etanol	1.024,83
Total	43.578,12	Total	11.387,01
		Aliran <48>	

		H2O	96,57
		Etanol	32.094,54
		Total	32.191,12
Total	43.578,12		43.578,12

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam Pra Desain Pabrik Etanol dari Jerami padi adalah sebagai berikut :

1. REAKTOR PRE-TREATMENT (F-110)

Tabel 5.1 Spesifikasi Reaktor Pre-Treatment (F-110)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-110
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Tangki proses delignifikasi dan hidrolisa hemiselulosa
Kapasitas	275.233,74 kg/hari
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	43°C
Tekanan desain	181,15 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	54 in
Inside diameter	53,13 in
Tinggi total	128,72 in
Tebal plate	7/16 in
Tebal tutup	7/16 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Fkat six-blade turbine agitator
Jumlah	2
Diameter pengaduk	2,21 ft
Putaran pengaduk	100 rpm
Lebar blade	0,44 ft
Panjang Blade	0,55 ft
Power	2,86 hp



2. GUDANG JERAMI PADI (F-111)

Tabel 5.2 Spesifikasi Alat Gudang Jerami padi (F-111)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-110
Fungsi	Menyimpan bahan baku jerami padi
Kapasitas	5.700 ton
Tipe	Bangunan persegi dengan tutup prisma segitiga
Bahan	Beton
Panjang Gudang	29,81 m
Lebar Gudang	29,81 m
Tinggi Gudang	7,45 m
Jumlah	1

3. BELT CONVEYOR (J-112A)

Tabel 5.3 Spesifikasi Alat Belt Conveyor (J-112A)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	J-112A
Fungsi	Memindahkan jerami padi ke knife cutter
Tipe	Troughed belt on continous plate
Kapasitas	7,92ton/jam
Kapasitas Maksimum	32 ton/jam
Kecepatan Normal	3,3 ft/detik
Lebar Blade	14 in
Tinggi Skirt Plate	7 in
Kemiringan Belt	15°
Daya	1,18 hp
Jumlah	1

4. ROTARY KNIFE CUTTER(C-113)

Tabel 5.4 Spesifikasi Alat Rotary Knife Cutter(C-113)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	C-113
Fungsi	Memotong Jerami padi menjadi ukuran kecil
Tipe	Rotary knife cutter dengan razor sharp alloy blades
Kapasitas	7,916 ton/jam
Diameter Maksimal Feed	0,5 m
Maks Reduction ratio	50
Power	219,91 Kw
Jumlah	1

5. BELT CONVEYOR (J-112B)

Tabel 5.5 Spesifikasi Belt Conveyor (J-112B)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	J-112B
Fungsi	Memindahkan jerami padi ke reaktor pretreatment
Tipe	Troughed belt on continous plate
Kapasitas	7,92ton/jam
Kapasitas Maksimum	32 ton/jam
Kecepatan Normal	3,3 ft/detik
Lebar Blade	14 in
Tinggi Skirt Plate	7 in
Kemiringan Belt	15°
Daya	1,18 hp
Jumlah	1

6. POMPA COOLER (L-114 A)

Tabel 5.6 Spesifikasi Alat Pompa Cooler (L-114 C)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-114A
Jumlah	1
Fungsi	Memompa Liquid dari Bejana Pendingin ke Rotary Vacuum Filter I
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	10.228,52 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	0,11 hp

7. POMPA ASAM SULFAT (L-114 B)

Tabel 5.7 Spesifikasi Alat Pompa Asam Sulfat (L-114 B)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-114B
Jumlah	1
Fungsi	Memompa Asam Sulfat dari Storage Tangki H ₂ SO ₄ ke Tangki Penampung H ₂ SO ₄
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	605,84 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	0,07 hp

8. POMPA ASAM SULFAT (L-114 C)

Tabel 5.8 Spesifikasi Alat Pompa Asam Sulfat (L-114 C)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-114C
Jumlah	1
Fungsi	Memompa Asam Sulfat dari Tangki Pengenceran H ₂ SO ₄ ke Reaktor Pretreatment
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	2.375,00 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	184,4 psia
Power	0,03 hp

9. TANGKI PENDINGIN HASIL PRETREATMENT (E-115)

Tabel 5.9 Spesifikasi Tangki Pendingin Hasil Pretreatment (E-115)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E-115
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak berpengaduk dan berkoil
Fungsi	Tempat mendinginkan keluaran reactor pre-treatment
Kapasitas	275.233,7 kg/hari
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur masuk	95,2°C
Temperatur keluar	35°C
Tekanan desain	196,2 psia
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	66 in
Inside diameter	65,63 in
Tinggi total	157,73 in
Tebal plate	3/16 in
Tebal tutup	3/16 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Six-blade 45° open turbine
Jumlah	1
Diameter pengaduk	2,734 ft
Putaran pengaduk	100 rpm
Lebar blade	0,547ft
Panjang blade	0,684 ft
Power	3,952 hp
Koil pendingin	
Rate air pendingin	185.565,5 kg/jam
Outside diamter koil	3,5 in
Inside diamter koil	2,9 in
Diameter koil	4,5 ft
Jumlah lilitan koil	12
Tinggi koil	4,125 ft

10. ROTARY DRUM VACUUM FILTER I (H-116)

Tabel 5.10 Spesifikasi Alat Rotary Drum Vacuum Filter I (H-116)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	H-116
Jumlah	1
Fungsi	Memisahkan padatan yang terikat dalam fluida keluaran Reaktor Pre-Treatment
Tipe	Rotary Drum Vacuum Filter
Kapasitas	5.253 kg solid/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Filter	Nylon
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	560 mmHg
Dimensi	
Diameter	8 ft
Panjang	16 ft

11. TANGKI PENGECERAN H₂SO₄ (F-118)

Tabel 5.11 Spesifikasi Alat Tangki Pengenceran H₂SO₄ (F-118)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-118
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Pengenceran H ₂ SO ₄ dari konsentrasi 98% menjadi 1,5% dengan penambahan air
Kapasitas	95.000 kg/hari
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	43°C
Tekanan desain	9,995 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	180 in
Inside diameter	178,75 in
Tinggi total	406,12 in
Tebal plate	5/8 in
Tebal tutup	5/8 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Fkat six-blade turbine agitator
Jumlah	2
Diameter pengaduk	7,45 ft
Putaran pengaduk	20 rpm
Lebar blade	1,490 ft
Panjang Blade	1,862 ft
Power	1,862 hp

12. BLOWDOWN TANK I (F-119)

Tabel 5.12 Spesifikasi Alat Blowdown Tank (F-119)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-119
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menurunkan tekanan sistem hingga 1 atm
Kapasitas	275.233,7 kg/hari
Waktu tinggal	10 menit
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	113°C
Tekanan desain	0,7 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Conical
Dimensi :	
Outside diameter	192 in
Inside diameter	190,75 in
Tinggi total	457,77 in
Tebal plate	5/8 in
Tebal tutup	5/8 in




13. REAKTOR HIDROLISA (R-210)

Tabel 5.13 Spesifikasi Alat Reaktor Hidrolisa (R-210)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	R-210
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak berpengaduk
Fungsi	Tempat terjadinya proses hidrolisa selulosa
Kapasitas	287.272,52 kg/hari
Waktu tinggal	10 menit
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	215°C
Tekanan desain	195,86 psia
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	54 in
Inside diameter	53,13 in
Tinggi total	128,97 in
Tebal plate	7/16 in
Tebal tutup	7/16 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Six-blade 45° open turbine
Jumlah	2
Diameter pengaduk	2,22 ft
Putaran pengaduk	100 rpm
Lebar blade	0,44 ft
Panjang Blade	0,55 ft
Power	5,38 hp

14. SCREW CONVEYOR (J-211)

Tabel 5.14 Spesifikasi Alat Screw Conveyor (J-211)



Spesifikasi	Keterangan
Kode	J-211
Jumlah	1
Fungsi	Mengangkut cake yang tersaring pada Rotary Drum Vacuum Filter I ke bucket elevator
Tipe	Plain Spout
Kapasitas	150,46 ft ³ cake/jam
Kapasitas maksimum	200 ft ³ cake/jam
Kecepatan	40 rpm
Diameter feed section	6 in
Diameter flight	9 in
Diameter pipa	2,5 in

15. BUCKET ELEVATOR (J-212)

Tabel 5.15 Spesifikasi Alat Bucket Elevator II (J-212)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	J-212
Fungsi	Mengangkut cake ke bin untuk umpan Reaktor Hidrolisa
Tipe	Spaced-bucket positive-discharge elevator
Kapasitas	5,77 ton/jam
Kapasitas Standar	14 ton/jam
Ukuran bucket	6 x 4 x 4,5 in
Kecepatan bucket	260 ft/menit
Lebar belt	7 in
Power	1,6 hp
Jumlah	1

16. BIN (F-213)

Tabel 5.16 Spesifikasi Alat Bin (F-213)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-213
Tipe	Mass Flow Bin
Fungsi	Mengatur rate masuk pada Reaktor Hidrolisa
Kapasitas	287,272 ton
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	2,55 psig
Tutup atas	Flat
Tutup bawah	Conical 120°
Dimensi :	
Outside diameter	156 in
Inside diameter	155,13 in
Tinggi total	277,523 in
Tebal plate	7/16 in
Tebal tutup	7/16 in
Jumlah	1

17. BLOWDOWN TANK II (F-214)

Tabel 5.17 Spesifikasi Alat Blowdown Tank II (F-214)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-214
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menurunkan tekanan sistem hingga 1 atm
Kapasitas	287.272,5 kg/hari
Waktu tinggal	5 menit
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	101°C
Tekanan desain	0,8 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Conical
Dimensi :	
Outside diameter	204 in
Inside diameter	202,25 in
Tinggi total	506,50 in
Tebal plate	7/8 in
Tebal tutup	7/8 in

18. TANGKI PENDINGIN HASIL HIDROLISA (E-215)

Tabel 5.18 Tabel Spesifikasi Tangki Pendingin Hasil Hidrolisa (E-215)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E-215
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak berpengaduk dan berkoil
Fungsi	Tempat mendinginkan keluaran reactor pre-treatment
Kapasitas	261.457,2 kg/hari
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur masuk	109°C
Temperatur keluar	35°C
Tekanan desain	3,44 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	66 in
Inside diameter	65,63 in
Tinggi total	158,3 in
Tebal plate	3/16 in
Tebal tutup	3/16 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Six-blade 45° open turbine
Jumlah	1
Diameter pengaduk	2,734 ft
Putaran pengaduk	100 rpm
Lebar blade	0,547ft
Panjang blade	0,684 ft
Power	8,26 hp
Koil pendingin	
Rate air pendingin	137.345,9 kg/jam
Outside diamter koil	3,5 in
Inside diamter koil	2,9 in
Diameter koil	4,5 ft
Jumlah lilitan koil	12
Tinggi koil	4,233 ft

19. TANGKI PENAMPUNG FILTRAT I (F-216)

Tabel 5.19 Tangki Penampung Filtrat I (F-125)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-216
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menampung filtrate yang keluar dari Rotary Drum Vacuum Filter I
Kapasitas	245778 kg/hari
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	2,1752 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	78 in
Inside diameter	77,4 in
Tinggi total	185,55 in
Tebal plate	5/16 in
Tebal tutup	5/16 in

20. POMPA VAKUM I (J-217)

Tabel 5.20 Spesifikasi Alat Pompa Vakum I (J-217)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	J-217
Jumlah	1
Fungsi	Mempertahankan kondisi vakum pada Rotary Drum Vacuum Filter I
Tipe	Centrifugal fan
Laju alir udara	2007 m ³ /jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 283 Grade C
Temperatur desain	30°C
Power	3,6 hp

21. TANGKI NETRALISASI (F-218)

Tabel 5.21 Spesifikasi Alat Tangki Netralisasi (F-218)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-218
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menetralkan kondisi asam dari larutan
Kapasitas	21.184,45 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	7,1 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	102 in
Inside diameter	101,6 in
Tinggi total	243,92 in
Tebal plate	3/16 in
Tebal tutup	3/16 in

22. POMPA FILTRAT ROTARY VACUM 1 KE TANGKI NETRALISASI (L-219 A)

Tabel 5.22 Spesifikasi Alat Pompa Filtrat (L-219A)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-219A
Jumlah	1
Fungsi	Memompa Liquid dari Tangki Filtrat ke Tangki Netralisasi
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	10.894,05 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

23. POMPA HIDROLISA KE TANGKI NETRALISASI (L-219 B)

Tabel 5.23 Spesifikasi Alat Pompa Cooler (L-219B)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-219B
Jumlah	1
Fungsi	Memompa Liquid dari Cooler ke Tangki Netralisasi
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	10.894,05 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

24. POMPA HASIL NETRALISASI KE ROTARY VACUM FILTER (L-219 C)

Tabel 5.24 Spesifikasi Alat Pompa Cooler (L-219 C)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-219C
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Netralisasi ke Rotary Vacuum Filter II
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	21.184,45 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

25. TANGKI STARTER (R-310)

Tabel 5.25 Spesifikasi Alat Tangki Starter (R-221)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	R-221
Jumlah	6
Tipe	Silinder tegak berpengaduk dan berkoil
Fungsi	Tempat fermentasi glukosa dan xylosa
Kapasitas	350,268 ft ³
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	4,69 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	90 in
Inside diameter	89,38 in
Tinggi total	213,65 in
Tebal plate	5/16 in
Tebal tutup	5/16 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Six-blade 45° open turbine
Jumlah	2
Diameter pengaduk	2,23 ft
Putaran pengaduk	70 rpm
Lebar blade	0,45 ft
Panjang blade	0,56 ft
Power	1,02 hp
Koil pendingin	
Rate air pendingin	5.712,1 kg/jam
Outside diamter koil	3,5 in
Inside diamter koil	2,9 in
Diameter koil	4,5 ft
Jumlah lilitan koil	12
Tinggi koil	7,33ft

26. ROTARY DRUM VACUUM FILTER II (H-311)

Tabel 5.26 Spesifikasi Alat Rotary Drum Vacuum Filter II (H-311)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	H-311
Jumlah	1
Fungsi	Memisahkan padatan yang terikut dalam fluida keluaran Reaktor Hidrolisa
Tipe	Rotary Drum Vacuum Filter
Kapasitas	4.301 kg solid/jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Filter	Nylon
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	560 mmHg
Dimensi	
Diameter	8 ft
Panjang	16 ft

27. TANGKI PENAMPUNG FILTRAT II (F-312)

Tabel 5.27 Spesifikasi Alat Tangki Penampung Filtrat II (F-312)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-312
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menampung filtrate yang keluar dari Rotary Drum Vacuum Filter II
Kapasitas	20.088,17 kg/jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	6,20193 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	168 in
Inside diameter	167 in
Tinggi total	402,55 in
Tebal plate	1/2 in
Tebal tutup	1/2 in

28. POMPA VAKUM II (G-313)

Tabel 5.28 Spesifikasi Alat Pompa Vakum (G-313)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	G-313
Jumlah	1
Fungsi	Mempertahankan kondisi vakum pada Rotary Drum Vacuum Filter II
Tipe	Centrifugal fan
Laju alir udara	2007 m ³ /jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 283 Grade C
Temperatur desain	30°C
Power	6,1 hp

29. POMPA FILTRAT KE TANGKI STARTER & FERMENTOR (L-314)

Tabel 5.29 Spesifikasi Alat Pompa Filtrat (L-314)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-314
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Penampung Filtrat ke tee Fermentor
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	21.098,92 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

30. POMPA KE FERMENTOR (L-315)

Tabel 5.30 Spesifikasi Alat Pompa Starter (L-315)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-315
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Starter ke Fermentor
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	2.192,60 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

31. REAKTOR FERMENTOR (R-320)

Tabel 5.31 Spesifikasi Alat Reaktor Fermentor (R-320)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	R-320
Jumlah	8
Tipe	Silinder tegak berpengaduk
Fungsi	Tempat fermentasi glukosa dan xylosa
Kapasitas	3.152,4 ft ³
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	9,72 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	180 in
Inside diameter	179 in
Tinggi total	428,71 in
Tebal plate	5/8 in
Tebal tutup	5/8 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Six-blade 45° open turbine
Jumlah	1
Diameter pengaduk	4,48 ft
Putaran pengaduk	60 rpm
Lebar blade	0,9 ft
Panjang blade	1,12 ft
Power	19,92 hp
Koil pendingin	
Rate air pendingin	32.677,9 kg/jam
Outside diamter koil	1,9 in
Inside diamter koil	1,5 in
Diameter koil	4,5 ft
Jumlah lilitan koil	27
Tinggi koil	12,567 in

32. POMPA KE TANGKI INAKTIVASI (L-321A)

Tabel 5.32 Spesifikasi Alat Pompa Fermentor (L-321A)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-321A
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Fermentor ke Tangki Penampung
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	22,027.09 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	35°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	0,27 hp

33. POMPA KE ROTARY VACUM FILTER (L-321B)

Tabel 5.33 Spesifikasi Alat Pompa Fermentor (L-321B)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-321B
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Penampung Fermentor ke Rotary Vacuum Filter 3
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	21.184,45 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	60°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

34. POMPA KE KOLOM DISTILASI (L-321C)

Tabel 5.34 Spesifikasi Alat Pompa Filtrat(L-321 C)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-321C
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Penampung Filtrat ke Kolom Distilasi
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	21.839,74 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	60°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1,65 hp

35. TANGKI PENAMPUNG FERMENTOR (F-322)

Tabel 5.35 Spesifikasi Alat Tangki Penampung Ferementor (F-322)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-322
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak berpengaduk dan berkoil
Fungsi	Tempat menampung hasil fermentasi & inaktivasi
Kapasitas	3152,4 ft ³
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	9,9 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	180 in
Inside diameter	178,75 in
Tinggi total	426,07 in
Tebal plate	5/8 in
Tebal tutup	5/8 in
Pengaduk	
Tipe pengaduk	Six-blade 45° open turbine
Jumlah	1
Diameter pengaduk	4,469 ft
Putaran pengaduk	50 rpm
Lebar blade	0,894 ft
Panjang blade	1,117 ft
Power	11,61 hp
Koil pemanas	
Rate steam pemanas	1.191 kg/jam
Outside diamter koil	4,5 in
Inside diamter koil	3,826 in
Diameter koil	4,5 ft
Jumlah lilitan koil	11
Tinggi koil	9,1167 ft

36. ROTARY DRUM VACUUM FILTER III (H-323)

Tabel 5.36 Spesifikasi Alat Rotary Drum Vacuum Filter III (H-323)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	H-323
Jumlah	1
Fungsi	Memisahkan padatan yang terikat dalam fluida keluaran Reaktor Hidrolisa
Tipe	Rotary Drum Vacuum Filter
Kapasitas	2.383 kg solid/jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Filter	Nylon
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	560 mmHg
Dimensi	
Diameter	8 ft
Panjang	8 ft

37. TANGKI PENAMPUNG FILTRAT II (F-324)

Tabel 5.37 Spesifikasi Alat Tangki Penampung Filtrat II (F-324)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-324
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menampung filtrate yang keluar dari Rotary Drum Vacuum Filter III
Kapasitas	21.979,43 kg/jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	5,170 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	180 in
Inside diameter	178,75 in
Tinggi total	426,07in
Tebal plate	5/8 in
Tebal tutup	5/8 in

38. POMPA VAKUM III (G-325)

Tabel 5.38 Spesifikasi Alat Pompa Vakum (G-325)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	G-325
Jumlah	1
Fungsi	Mempertahankan kondisi vakum pada Rotary Drum Vcuum Filter III
Tipe	Centrifugal fan
Laju alir udara	1003 m ³ /jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 283 Grade C
Temperatur desain	30°C
Power	1,8 hp

39. KOLOM DISTILASI (D-410)

Tabel 5.39 Spesifikasi Alat Kolom Distilasi (D-410)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	D-410
Jumlah	1
Tipe	Sieve tray
Fungsi	Pemisahan multi komponen menjadi campuran etanol-air
Kapasitas	21.979 kg/jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Spesifikasi Plate	
Jumlah tray	21
Active area (ft ²)	73,325
Tray spacing (in)	24
Tinggi total (ft)	52,698
ID (ft)	10
Tebal shell (in)	3/8

40. KONDENSOR KOLOM DISTILASI (E-411)

Tabel 5.40 Tabel Spesifikasi Alat Kondensor Kolom Distilasi (E-411)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E - 411
Fungsi	Mengembunkan produk overhead kolom distilasi I
Tipe	2-4 shell and tube heat exchanger
Suhu masuk	Overhead : 94°C
	Pendingin : 30°C
Suhu keluar	Overhead : 80°C
	Pendingin : 45°C
Shell, Over Head	ID : 31 in
	baffle : 25 in
	Passes : 2
	Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
	ΔP : 1,164 psi
Tube, Pendingin	Tipe : Triangular
	OD : 0,75 in
	Jumlah : 678
	Panjang : 11 ft
	BWG : 14
	Pitch : 1 in
	Passes : 4
	ΔP : 8,76 psi
Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A	
Luas area	5.389 ft ²
Jumlah	1 buah

41. AKUMULATOR KOLOM DISTILASI (F-412)

Tabel 5.41 Spesifikasi Alat Akumulator Kolom Distilasi (F-412)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-412
Jumlah	1
Tipe	Silinder tegak
Fungsi	Menampung kondensat produk overhead dari kolom distilasi
Kapasitas	1.357,9 ft ³ /jam
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	83°C
Tekanan desain	2,95 psig
Tutup atas	Standart dished head
Tutup bawah	Standart dished head
Dimensi :	
Outside diameter	66 in
Inside diameter	65,5 in
Tinggi total	158,77 in
Tebal plate	4/16 in
Tebal tutup	4/16 in

42. POMPA REFLUX DAN MEMBRAN 1 (L-413 A)

Tabel 5.42 Spesifikasi Alat Pompa Reflux dan Membran (L-413A)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-413A
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Tangki Akumulator ke Membran 1
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	2.497,84 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	60°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

43. POMPA FEED MEMBRAN 2 (L-413B)

Tabel 5.43 Spesifikasi Alat Pompa Feed Membran (L-413B)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-413B
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Membran 1 ke membran 2
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	1.815,72 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	24°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

44. REBOILER KOLOM DISTILASI (E-414)

Tabel 5.44 Tabel Spesifikasi Alat Reboiler Kolom Distilasi (E-414)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E - 414
Fungsi	Menguapkan Kembali Bottom Produk distilasi
Tipe	2-4 shell and tube heat exchanger
Suhu masuk	Bottom : 99,79°C
	Produk : 120°C
Suhu keluar	Bottom : 100°C
	Produk : 120°C
Shell, Feed	ID : 39 in
	Passes : 2
	Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
	ΔP : -
Tube, Steam	Tipe : Triangular
	OD : 0,75 in
	Jumlah : 1.176
	Panjang : 16 ft
	BWG : 17
	Pitch : 1 in
	Passes : 2
	ΔP : 0,20144 psi
Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A	
Luas area	3587 ft ²
Jumlah	1 buah

45. PREHEATER FEED KOLOM DISTILASI (E-411)

Tabel 5.45 Tabel Spesifikasi Alat Preheater Kolom Distilasi (E-411)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E – 411
Fungsi	Memanaskan feed kolom distilasi I
Tipe	1-2 shell and tube heat exchanger
Suhu masuk	Steam : 120°C
	Feed : 60°C
Suhu keluar	Steam : 120°C
	Feed : 100°C
Shell, Feed	ID : 15,25in
	baffle : 10 in
	Passes : 1
	Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
	ΔP : 5,694 psi
Tube, Steam	Tipe : Triangular
	OD : 0,75 in
	Jumlah : 138
	Panjang : 16 ft
	BWG : 14
	Pitch : 1 in
	Passes : 2
	ΔP : 0,016897 psi
Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A	
Luas area	805 ft ²
Jumlah	1 Buah

46. MEMBRAN PERVAPORASI I (D-416 A)

Tabel 5.46 Tabel Spesifikasi Alat Membran Pervaporasi (D-416 A)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	D – 416 A
Fungsi	Memurnikan etanol menjadi 80%
Tipe	Tubular
Shell, Feed	ID : 35 in
	Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
Tube, Steam	OD : 0,75 in
	Jumlah : 970
	Panjang : 16 ft
	BWG : 16
	Bahan : Keramik
Membran	PolyvinylAlcohol (PVA)
Luas area	3047 ft ²
Jumlah	2 Buah

47. POMPA STORAGE ETHANOL (L-417)

Tabel 5.47 Spesifikasi Alat Pompa Storage Etanol (L-417)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	L-417
Jumlah	1
Fungsi	Memompa fluida dari Membran 1 ke membran 2
Tipe	Centrifugal pump
Kapasitas	1.341,3 kg/jam
Bahan konstruksi	Stainless Steel SS 316
Temperatur desain	14°C
Tekanan asal	14,7 psia
Tekanan tujuan	14,7 psia
Power	1 hp

48. PREHEATER FEED MEMBRAN 2 (E-418)

Tabel 5.48 Tabel Spesifikasi Alat Preheater Feed Membran 2 (E-418)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E - 418
Fungsi	Memanaskan feed kolom membran 2
Tipe	1-2 shell and tube heat exchanger
Suhu masuk	Steam : 120°C
	Feed : 23°C
Suhu keluar	Steam : 120°C
	Feed : 80°C
Shell, Feed	ID : 10 in
	baffle : 2 in
	Passes : 1
	Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
	ΔP : 2,46 psi
Tube, Steam	Tipe : Triangular
	OD : 0,75 in
	Jumlah : 52
	Panjang : 5 ft
	BWG : 14
	Pitch : 1 in
	Passes : 2
	ΔP : 0,011173 psi
Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A	
Luas area	62 ft ²
Jumlah	1 buah

49. MEMBRAN PERVAPORASI 2 (E-416 B)

Tabel 5.49 Tabel Spesifikasi Alat Membran Pervaporasi (E-416 B)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	E - 416B
Fungsi	Memurnikan etanol menjadi 99,7%
Tipe	Tubular
Shell, Feed	ID : 39 in
	Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A
Tube, Steam	OD : 0,75 in
	Jumlah : 1.206
	Panjang : 16 ft
	BWG : 16
	Bahan : Keramik
Membran	PolyvinylAlcohol (PVA)
Luas area	3788 ft ²
Jumlah	2 Buah

50. STORAGE ETANOL (F-419)

Tabel 5.50 Spesifikasi Alat Storage Etanol (F-419)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	F-419
Jumlah	1
Tipe	Storage Liquid Tertutup
Fungsi	Menampung produk etanol
Kapasitas	30.137,5 ft ³
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 167 Grade 3
Temperatur desain	35°C
Tekanan desain	300 psig
Tutup atas	Conical
Tutup bawah	Flat
Dimensi :	
Diameter	50 ft
Tinggi total	24 ft
Jumlah course	4
Tebal Course	
Course 1	5/16
Course 2	4/16
Course 3	3/16
Course 4	2/16
Tebal bagian dasar	5/16

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama alat : **Reaktor**
 Kode : R-320
 Fungsi : Tempat fermentasi glukosa dan xylose
 Jumlah : 8 buah
 Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dishead dilengkapi pengaduk dan coil pendingin

Kondisi operasi : Temperatur = 35 °C
 Tekanan = 9,712 psig
 Waktu operasi = 36 jam
 Fase = Solid - Liquid
 Densitas campuran = 61.683 lb/ft³ (Geankoplis, hal 855)

Direncanakan :

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 167 Grade 3
 $f = 18750$ (Brownell & Young, App. D-4 hal 342)

Jenis pengelasan : Double welded butt joint
 $E = 0.8$ (Brownell & Young, tabel 13.2 hal 254)

Faktor korosi (C) : 1 / 16

Bahan masuk : 2,101.4461 kg/jam = 4,632.8481 lb/jam

6.1. Rancangan dimensi reaktor

A. Menentukan volume reaktor

Bahan masuk : 2,101.4461 kg/jam = 4,632.8481 lb/jam

ρ campuran : 61.683 lb/ft³

Rate volumetrik = $\frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho \text{ campuran}} = \frac{4,632.8481 \text{ lb/jam}}{61.683 \text{ lb/ft}^3} = 75.1073 \text{ ft}^3/\text{jam}$

Volume liquid = 75.1073 ft³/jam x 1 jam = 75.1073 ft³

Diasumsikan volume ruang kosong = 20% volume liquid serta volume coil dan pengaduk = 10% volume liquid

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang kosong} &= 20\% \times 75.1073 \text{ ft}^3 \\ &= 15.0215 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume coil dan pengaduk} &= 10\% \times 75.1073 \text{ ft}^3 \\ &= 7.5107 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi volume total} &= V \text{ liquid} + V \text{ ruang kosong} + V \text{ (coil dan pengaduk)} \\ &= 75.1073 \text{ ft}^3 + 15.0215 \text{ ft}^3 + 7.5107 \text{ ft}^3 \\ &= 97.6395 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

B. Menentukan dimensi vessel

1. Menghitung diameter vessel

$$\text{Diasumsikan : } L_s = 1.5 \text{ di}$$

$$\text{Volume total} = V \text{ tutup bawah} + V \text{ silinder} + V \text{ tutup atas}$$

$$\text{Volume total} = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg}(1/2\alpha)} + \frac{\pi \cdot di^2}{4} \cdot L_s + 0.0847 \text{ di}^3$$

$$97.6395 = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} + \frac{\pi \cdot di^2}{4} \cdot L_s + 0.0847 \text{ di}^3$$

$$97.6395 = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} + \frac{\pi \cdot di^2}{4} \cdot (1.5 \text{ di}) + 0.0847 \text{ di}^3$$

$$di^3 = 72.9906 \text{ ft}^3$$

$$di = 4.1198 \text{ ft} = 49.4378 \text{ in}$$

2. Menghitung tinggi liquid dalam shell

$$V_L = V \text{ liquid dalam silinder} + V \text{ tutup bawah}$$

$$75.1073 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} di^2 L_s + \frac{\pi \cdot di^3}{24 \text{ tg}(1/2\alpha)}$$

$$75.1073 \text{ ft}^3 = \left[\frac{\pi}{4} (4.2286)^2 \times L_s \right] + \frac{\pi (4.2286)^3}{24 \text{ Tg } 60}$$

$$L_s = 4.9439 \text{ ft} = 59.3268 \text{ in}$$

3. Menentukan P design (Pi)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik (Pr)} &= \frac{\rho \times (H-1)}{144} \\ &= \frac{61.683 \times (4.9439 - 1)}{144} = 1.6894 \text{ Psi} \end{aligned}$$

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14.7 \text{ Psi}$$

$$P \text{ design} = 16.3894 \text{ Psig}$$

4. Menentukan tebal silinder (ts)

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0.6 P_i)} + C \\ &= \frac{16.3894 \times 49.4378}{2(18750 \times 0.8) - (0.6 \times 16.3894)} + \frac{1}{16} \\ &= 0.0270 + \frac{1}{16} \approx \frac{3}{16} \end{aligned}$$

Standarisasi do

$$d_o = d_i + 2 t_s$$

$$d_o = 49.4378 \text{ in} + 2 \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$d_o = 49.8128 \text{ in} = 4.1511 \text{ ft}$$

Standarisasi $d_o = 48 \text{ in}$ (Brownell & Young, tabel 5.7 hal 90)

$$d_i = d_o - 2 t_s$$

$$d_i = 48 \text{ in} - 2 \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$d_i = 47.625 \text{ in} = 3.9688 \text{ ft}$$

Cek hubungan antara L_s dan d_i :

$$\text{Volume total} = \frac{\pi \cdot d_i^3}{24 \cdot \tan 1/2\alpha} + \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot L_s + 0.0847 d_i^3$$

$$97.6395 = \frac{\pi (3.9688)^3}{24 \cdot 1.732} + \frac{\pi (3.9688)^2}{4} L_s + 0.0847 (3.9688)^3$$

$$L_s = 7.0866 \text{ ft} = 85.0395 \text{ in}$$

$$\frac{L_s}{d_i} = \frac{7.0866}{3.9688} = 1.79 > 1.50 \text{ (memenuhi)}$$

C. Menentukan dimensi tutup

1. Menentukan tebal tutup atas berbentuk standart dished

$$r = d_i = 47.63 \text{ in}$$

$$icr = 6\% \quad d_i = 2.8575 \text{ in}$$

$$sf = 2 \text{ (Brownell \& Young, tabel 5.6 hal 88)}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 13.12 hal 2:

$$t_{ha} = \frac{0.885 \times P_i \times d_i}{f \times E - 0.1 P_i} + C$$

$$t_{ha} = \frac{0.885 \times 16.3894 \times 47.63}{18750 \times 0.8 - 0.1 \times 16.3894} + \frac{1}{16}$$

$$t_{ha} = 0.0461 + \frac{1}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tinggi tutup atas (h):

$$a = d_i/2 = 47.63 / 2 \text{ in} = 23.8125 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 23.8125 - 2.8575 \text{ in} = 20.9550 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 47.63 - 2.8575 \text{ in} = 44.7675 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = \sqrt{(44.7675)^2 - (20.9550)^2}$$

$$= 39.56 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 47.63 - 39.56 \text{ in} = 8.07 \text{ in}$$

$$h_a = t_{ha} + b + sf = \frac{3}{16} + 8.07 + 2 \text{ in} = 10.2525 \text{ in}$$

2. Menentukan tebal tutup bawah

Tebal tutup bawah (thb) berbentuk conical dengan $\alpha = 1$:

$$t_{hb} = \frac{P_i \cdot d_e}{2(f \cdot E - 0.6 P_i) \cos 60} + C \quad \text{dimana } d_e = d_i$$

$$thb = \frac{16.389 \times 47.63}{2 (18750 \cdot 0.8 - 0.6 \cdot 16.389) \cdot 0.5} + \frac{1}{16}$$

$$thb = 0.0521 + \frac{1}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 5.6 hal 88 untuk $t_s = 3/16$ in maka $sf = 1.5-2$. diambil harga $sf = 2$ in

Tinggi tutup bawah (hb :

$$b = \frac{1 / 2 \cdot d_i}{\text{tg } 1/2 \alpha}$$

$$b = \frac{0.5 \cdot 47.63}{1.732} = 13.7486 \text{ in}$$

$$hb = b + sf = 13.7486 + 2 \text{ in} = 15.7486 \text{ in}$$

Dari perhitungan diatas, maka diperoleh dimensi reaktor sebagai ber :

$$d_o = 48 \text{ in} \quad t_{ha} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$d_i = 47.63 \text{ in} \quad 16$$

$$L_s = 71.445 \text{ in} \quad h_a = 10.2525 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{3}{16} \text{ in} \quad t_{hb} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$hb = 15.7486 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor} &= hb + L_s + h_a \\ &= 15.7486 + 71.445 + 10.2525 \text{ in} \\ &= 97.4461 \text{ in} = 8.1205 \text{ ft} \end{aligned}$$

6.2. Perhitungan pengaduk

Perencanaan pengaduk :

Jenis pengaduk : Axial turbin 4 blades sudut 45° (G.G. Brown hal 507)

Bahan impeller : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

Bahan poros pengaduk : Hot Roller SAE 1020

Dari G.G. Brown hal 507 diperoleh data-data sebagai berikut :

$$D_t/D_i : 2.4 - 3.0$$

$$Z_i/D_i : 0.75 - 1.3$$

$$Zl/Di : 2.7 - 3.9$$

$$W/Di : 0.17$$

Dimana :

Dt = Diameter dalam dari silinder

Di = Diameter impeller

a. Menentukan diameter impeller

$$Dt/Di = 3.0$$

$$Di = Dt/3.0$$

$$Di = 47.63 \text{ in} / 3.0 = 15.875 \text{ in} = 1.3229 \text{ ft}$$

b. Menentukan tinggi impeller dari dasar tangki

$$Zi/Di = 0.9$$

$$Zi = 0.9Di$$

$$Zi = 0.9 \times 15.875 \text{ in} = 14.2875 \text{ in}$$

c. Menentukan panjang impeller

$$L/Di = 1/4 \quad (\text{Geankoplis, tabel 3.4-1 hal 144})$$

$$L = 1/4 Di$$

$$L = 0.25 \times 15.875 \text{ in} = 3.9688 \text{ in}$$

d. Menentukan lebar impeller

$$W/Di = 0.17$$

$$W = 0.17Di$$

$$W = 0.17 \times 15.875 \text{ in} = 2.6988 \text{ in}$$

e. Menentukan tebal blades

$$J/Dt = 1/12$$

$$J = 1/12 Dt$$

$$J = 47.63 \text{ in} / 12 = 3.9688 \text{ in}$$

f. Menentukan jumlah pengaduk

$$n = \frac{H \text{ liquida}}{2 \times Di^2}$$
$$= \frac{4.9439 \text{ ft}}{2 \times (1.3229 \text{ ft})^2} = 1.412 \approx 1 \text{ buah}$$

Perhitungan daya pengaduk

$$P = \frac{\Phi \times \rho \times n^3 \times D_i^5}{gc}$$

Dimana:

P = daya pengaduk

 Φ = power number ρ = densitas bahan = 61.683 lb/ft³D_i = diameter impeller = 15.875 in = 1.3229 ftgc = 32.2 lb.ft/dt².lbf

n = putaran pengaduk, ditetapkan n = 150 rpm = 2.5 rps

(Perry, edisi 6 hal 19-6)

Menghitung bilangan Reynold (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{D^2 n \rho}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, pers. 3.4-1 hal 144})$$

dengan μ bahan = 1.3774 cp = 1.3774 x 6.7197 10⁻⁴ = 0.000926 lb/ft.s

$$N_{Re} = \frac{(1.3229 \text{ ft})^2 \cdot 2.5 \cdot 61.683 \text{ lb/ft}^3}{0.000926 \text{ lb/ft.s}}$$

$$N_{Re} = 291,582.1199$$

Dari Mc Cabe II hal 47, diketahui aliran liquid adalah turbul (N_{Re} > 2100)Dari pers. 9.23 & 9.24, diperoleh Mc Cabe hal 245 $\Phi = 6.3$

$$P = \frac{6.3 \cdot 61.683 \cdot (2.5)^3 \cdot (1.3229)^5}{32.2}$$

$$\begin{aligned} P &= 764.0698 \text{ lb.ft/dt} \\ &= 764.0698 / 550 \\ &= 1.3892 \text{ Hp} \approx 1.4 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kehilangan-kehilangan daya :

1. Gain Losses (kebocoran daya pada proses dan bearing) diperkirakan 10% dari daya masuk.
2. Transmission System Losses (kebocoran belt atau gear) diperkirakan 15% dari daya masuk.

Sehingga daya yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} P \text{ yang dibutuhkan} &= (0.1 + 0.15) P + P \\ &= (0.25 \cdot 1.4 \text{ Hp}) + 1.4 \text{ Hp} \\ &= 1.7365 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Jadi digunakan pengaduk dengan daya = 2 Hp

Jika efisiensi motor adalah 90% (Timmerhouse, fig. 14-38)

$$P = 2 / 90\% = 2.2222 \text{ Hp}$$

Perhitungan poros pengaduk

1. Diameter poros

$$T = \frac{\pi S D^3}{16} \quad (\text{Hesse, pers. 16-1 hal 465})$$

Dimana:

$$T = \text{Momen puntir (lb.in} = \frac{63025 H}{N} \quad (\text{Hesse, hal 469})$$

$$H = \text{daya motor pada poros} = 2.2222 \text{ Hp}$$

$$N = \text{putaran pengaduk} = 150 \text{ rpm}$$

Sehingga :

$$T = \frac{63025 \cdot 2.2222}{150} = 933.7037 \text{ lb.in}$$

Dari Hesse, tabel 16-1 hal 457 untuk bahan Hot Rolled Steel SAE 1020, mengandung $k_s = 20\%$ dengan batas = 36000 lb/in²

S = maksimum design shering stress yang diijinkan

$$S = 20\% \times 36000 \text{ lb/in}^2$$

$$= 7200 \text{ lb/in}^2$$

Maka didapatkan diameter poros pengaduk (D) :

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times T}{\pi \times S}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 933.7037 \text{ lb.in}}{3.14 \times 7200 \text{ lb/in}^2}} = 0.8722 \text{ in}$$

2. Panjang poros

Rumus :

$$L = h + l - Z_i$$

Dimana :

$$L = \text{Panjang poros (ft)}$$

$$Z_i = \text{jarak impeller dari dasar tangki} = 14.2875 \text{ in} = 1.1906 \text{ ft}$$

$$l = \text{panjang poros diatas bejana tangki} = 3.9688 \text{ in} = 0.3307 \text{ ft}$$

$$h = \text{tinggi silinder} + \text{tinggi tutup atas}$$

$$= 97.4461 + 10.2525 = 107.6986 \text{ in} = 8.9749 \text{ ft}$$

Jadi panjang poros pengadu :

$$L = 97.4461 + 10.2525 - 14.2875 \text{ in} = 93.4111 \text{ in} = 7.7843 \text{ ft}$$

Kesimpulan dimensi pengaduk :

Type : Axial turbin 4 blades sudut 45°

Di : Diameter impeller = 15.875 in

Zi : Tinggi impeller dari dasar bejan = 14.2875 in

W : lebar impeller = 2.6988 in

L : panjang impelle = 3.9688 in

J : tebal blades = 3.9688 in

n : jumlah pengadu = 1 buah

Daya = 2.0 Hp

Diameter poros = 0.8722 in

Panjang poros = 93.4111 in

6.3. Perhitungan Nozzle

Perencanaan :

Nozzle pada tutup atas standard dishead

Nozzle untuk pemasukan umpan/feed HCl

Nozzle untuk pemasukan umpan/feed Mg(OH)_2

Nozzle untuk silinder reaktor

Nozzle untuk pemasukan coil

- Nozzle untuk pengeluaran coil
- Nozzle pada tutup bawah conical
- Nozzle untuk pengeluaran produk
- Digunakan flange standard type welding neck p :
- Nozzle untuk pemasukan umpan/feed HCl
- Nozzle untuk pemasukan umpan/feed Mg(OH)₂
- Nozzle untuk pemasukan coil
- Nozzle untuk pengeluaran coil
- Nozzle untuk pengeluaran produk

Dasar perhitungan

a. Nozzle pemasukan umpan/feed HCl

$$\text{Rate umpan masuk} = 1477.6865 \text{ kg/jam} = 3257.7077 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 61.683 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungar :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate umpan masuk}}{\rho \text{ umpan}} \\ &= \frac{3257.7077 \text{ lb/jam}}{61.683 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 52.813657 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0.0147 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dari Peter & Timmerhausse fig. 14.2 hal 498 maka didapatkan Di optim :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3.9 \quad Q^{0.45} \quad \rho^{0.13} \\ &= 3.9 \quad 0.0147^{0.45} \quad 61.683^{0.13} \\ &= 1.0100 \text{ in} = 0.0842 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal 892 maka dipilih pipa 1.5 in IPS Sch. 80 dengan uku:

$$\text{ID} = 1.5 \quad \text{in}$$

$$\text{OD} = 1.9 \quad \text{in}$$

$$\text{A} = 0.01225 \quad \text{ft}^2$$

b. Nozzle pemasukan umpan/feed $Mg(OH)_2$

$$\text{Rate umpan masuk} = 623.7896 \text{ kg/jam} = 1375.2066 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 61.683 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungar :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate umpan masuk}}{\rho \text{ umpan}} \\ &= \frac{1375.2066 \text{ lb/jam}}{61.683 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 22.2947 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0.0062 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dari Peter & Timmerhausse, fig. 14.2 hal 498 didapatkan Di optimu :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3.9 \quad Q^{0.45} \quad \rho^{0.13} \\ &= 3.9 \quad 0.0062^{0.45} \quad 61.683^{0.13} \\ &= 0.6843 \text{ in} = 0.0570 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal 892 maka dipilih pipa 1.5 in IPS Sch. 80 dengan ukur :

$$\text{ID} = 1.5 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 1.9 \text{ in}$$

$$\text{A} = 0.01225 \text{ ft}^2$$

c. Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pendingin

$$\text{Rate air pendingin masuk} = 76654.5859 \text{ kg/jam} = 168992.7001 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas air pendingin} = 62.1581 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Geankoplis hal 855})$$

Perhitungar :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{168992.7001 \text{ lb/jam}}{62.1581 \text{ lb/ft}^3} = 2718.7559 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0.7552 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dari Peter & Timmerhausse fig. 14.2 hal 498, didapatkan Di optimu :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3.9 \quad (Q)^{0.45} \quad (\rho)^{0.13} \\ &= 3.9 \quad (0.7552)^{0.45} \quad (62.1581)^{0.13} \\ &= 5.8796 \text{ in} = 0.4900 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A5 hal 892, maka dipilih pipa 1/2 in IPS Sch. 80 dengan uku :

$$ID = 0.546 \text{ in}$$

$$OD = 0.840 \text{ in}$$

$$A = 0.00050 \text{ ft}^2$$

d. Nozzle pengeluaran produk

$$\text{Rate produk keluar} = 2101.4461 \text{ kg/jam} = 4632.8481 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas produk} = 61.683 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungar :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate produk keluar}}{\rho \text{ produk}} \\ &= \frac{4632.8481 \text{ lb/jam}}{61.683 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 75.1073 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0.0209 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dari Peter & Timmerhausse, fig. 14.2 hal 498 didapatkan Di optimu :

$$\begin{aligned} Di \text{ opt} &= 3.9 \quad Q^{0.45} \quad \rho^{0.13} \\ &= 3.9 \quad 0.0209^{0.45} \quad 61.683^{0.13} \\ &= 1.1829 \text{ in} = 0.0986 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal 892 maka dipilih pipa 1.5 in IPS Sch. 80 dengan ukuran

$$ID = 1.5 \text{ in}$$

$$OD = 1.9 \text{ in}$$

$$A = 0.01225 \text{ ft}^2$$

e. Nozzle untuk manhole

Lubang manhole dibuat berdasarkan standart yang ada y: 20 in

(Brownell & Young fig. 3.15 hal 51 dengan data item 3, 4, 5 hal 351)

Berdasarkan fig. 12.2 Brownell & Young hal 221, didapatkan dimensi p :

Ukuran pipa nominal (NPS) : 20 in

Diameter luar pipa : 27 1/2 in

Ketebalan flange minimum (T) : 1 11/16 in

Diameter bagian lubang menonjol (R)	:	23 in
Diameter hubungan pada titik pengelasan (K)	:	20 in
Diameter hubungan pada alas (E)	:	22 in
Panjang julakan (L)	:	5 11/16 in
Diameter dalam flange (B)	:	19.25 in
Jumlah lubang baut	:	20 buah
Diameter baut	:	1 1/8 in

Dari Brownell & Young tabel 12.2 hal 221 diperoleh dimensi flange untuk semua nozzle,

Dipilih flange standart type welding neck dengan dimensi nozzle sebagai be :

Nozzle A	=	Nozzle untuk pemasukan feed HCl
Nozzle B	=	Nozzle untuk pemasukan feed Mg(OH) ₂
Nozzle C	=	Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pendingin
Nozzle D	=	Nozzle untuk pengeluaran produk
Nozzle E	=	Nozzle untuk manhole
NPS	=	Ukuran pipa nominal (in)
A	=	Diameter luar flange (in)
T	=	Ketebalan flange minimum (in)
R	=	Diameter luar bagian yang menonjol (in)
E	=	Diameter hubungan atas (in)
K	=	Diameter hubungan pada titik pengelasan (in)
L	=	Panjang julakan (in)
B	=	Diameter dalam flange (in)

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	1 1/2	5	11/16	2 1/8	2 9/16	1.90	2 7/16	1.61
B	1 1/2	5	11/16	2 7/8	2 9/16	1.90	2 7/16	1.61
C	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0.84	1 7/8	0.62
D	3 1/2	8 1/2	15/16	5 1/2	4 13/16	4.00	2 13/16	3.55
E	20	27 1/2	1 11/16	23	22	20	5 11/16	19.25

6.4. Perhitungan coil pendingin

Dalam reaktor, reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis dan beroperasi pada suhu 50°C. Sehingga diperlukan coil pendingin dengan air sebagai media pendingin sehingga reaksi tetap 50°C.

Dasar perancangan :

Kebutuhan air pendingin dalam reaktor

$$76654.5859 \text{ kg/jam} = 168992.7001 \text{ lb/jam}$$

$$Q = 1149818.7888 \text{ kkal/jam} = 4562825.8996 \text{ Btu/jam}$$

$$M = \frac{Q}{C_p \times \Delta t} = \frac{4562825.8996 \text{ Btu/jam}}{0.999 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} (113 - 86)^\circ\text{F}}$$
$$= 169162.7146 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Steam masuk pada suhu } 120 \text{ }^\circ\text{C} = 248 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Steam keluar pada suhu } 110 \text{ }^\circ\text{C} = 230 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menggunakan coil pendingin dengan bentuk spiral

Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

(Brownell & Young, tabel 13.1 hal 251)

Menentukan ΔT LMTD :

$$t_1 = \text{Suhu bahan masuk} = 50 \text{ }^\circ\text{C} = 122 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = \text{Suhu bahan keluar} = 50 \text{ }^\circ\text{C} = 122 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_1 = \text{Suhu air pendingin masuk} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = \text{Suhu air pendingin keluar} = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_1 = (122 - 113) = 9 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = (122 - 86) = 36 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(9 - 36)}{\ln \frac{9}{36}} = 442.6230 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan suhu kalor :

$$T_c = 1/2 (122 + 122) = 122 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_c = 1/2 (86 + 113) = 99.5 \text{ }^\circ\text{F}$$

Ukuran pipa yang digunakan 2 in IPS Sch. 40, dengan ukura :

(Kern, tabel 11 hal 844)

$$D_o = 5.563 \text{ in} = 0.4636 \text{ ft}$$

$$D_i = 5.047 \text{ in} = 0.4206 \text{ ft}$$

$$a'' = 1.178 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$a_p = 12.7 \text{ in}^2 = 0.0882 \text{ ft}^2$$

Dasar perhitungan :

Koefisien perpindahan panas bagian dalam pipa coil pendingin

Diketahui :

$$h_{io \text{ steam}} = 1500 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

$h_{io \text{ steam}}$ = Koefisien perpindahan panas dari pipa luar yang dikoreksi terhadap diameter pipa dalam.

$$C_p = 0.45 \text{ Btu/lb.°F}$$

$$\mu = 0.024 \text{ cp}$$

$$k = 0.2 \quad (\text{Kern, tabel 5 hal 801})$$

$$D_i = 0.4900 \text{ ft}$$

Koefisien perpindahan panas bagian permukaan shell reaktor.

$$G_p = \frac{M}{a_p} = \frac{169162.7146 \text{ lb/jam}}{0.0882 \text{ ft}^2} = 1918065.4248 \text{ lb/h.ft}^2$$

$$N_{re} = \frac{D_i \times G_p}{\mu \times 2.42} = \frac{0.4900 \times 1918065.4248}{0.024 \times 2.42}$$

$$= 16180999.5604 > 2100 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \quad (\text{Mc Cabe II hal 47})$$

$$J_H = 2000 \quad (\text{Kern, fig. 20.2 hal 718})$$

$$h_o = J_H \frac{k}{D_i} \left[\frac{C_p \mu}{k} \right]^{1/3} \left[\frac{\mu}{\mu W} \right]^{0.14}$$

Dimana:

$$\left[\frac{\mu}{\mu W} \right]^{0.14} = 1$$

Sehingga :

$$h_o = 2000 \times \frac{0.2}{0.4900} \times \left[\frac{0.45 (0.024 \cdot 2.42)}{0.2} \right]^{1/3}$$
$$= 414.3086 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

Tahanan panas pada pipa dalam keadaan bersih

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \times 414.3086}{1500 + 414.3086} = 324.6409 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

Tahanan panas pada pipa dalam keadaan kotor

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$
$$0.004 = \frac{324.6409 - U_d}{324.6409 \times U_d}$$
$$1.2986 U_d = 324.6409 - U_d$$
$$U_d = 133.6259 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

Luas permukaan perpindahan panas

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta T \text{ LMTD}} = \frac{4562825.8996}{133.6259 \times 442.6230} = 77.1453 \text{ ft}^2$$

Menghitung panjang lilitan

$$L = \frac{A}{a''} = \frac{77.1453}{1.178} = 65.4883 \text{ ft}$$

Menghitung jumlah lilitan coil

$$n_c = \frac{L}{d_c \times \pi}$$

Dimana: $d_c = 0.65 \times d_i$

$d_i = \text{Diameter tangki}$

$$\text{Sehingga } d_c = 0.65 \times 3.9688 \text{ ft} = 2.5797 \text{ ft} = 30.9563 \text{ in}$$

$$n_c = \frac{65.4883}{2.5797 \times \pi} = 8.0848 \approx 8 \text{ buah}$$

Menghitung tinggi lilitan coil

$$L_c = (n_c - 1) (D_o + \text{jarak 2 coil}) + D_o$$

Dimana:

$$\text{Diambil jarak 2 coi} = 1 \text{ in}$$

$$L_c = (8 - 1) (0.840 + 1) + 0.840$$

$$= 13.72 \text{ in} = 1.1433 \text{ ft}$$

Karena $L_c (1.1433 \text{ ft}) < L_{ls} (4.9439 \text{ ft})$, jadi perhitungan coil pendingin sudah memadai

6.5 Sambungan tutup (head) dengan dinding Reaktor

Bagian tutup reaktor dan bagian shell reaktor dihubungkan secara flange dan bolting untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

1. Flange

Dari Brownell & Young, app. D-4 hal 342, didapat :

Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

Tensile strength minimu: 75000 psia

Allowable stress (f) : 18750

Type flange : Ring flange loose type

2. Bolting

Dari Brownell & Young, app. D-4 hal 344, didapat :

Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8c type 347

Tensile strength minimu: 75000 psia

Allowable stress (f) : 15000

3. Gasket

Dari Brownell & Young, fig. 12.11 hal 228, didapat :

Bahan konstruksi : Flange metal, jacketed, asbestos filled, stainless steel

Gasket factor (m) : 3.75

Min design seating stress (y: 9000 psia

6.5.1. Perhitungan lebar gasket

Dari Brownell & Young, persamaan 12.2 hal 22:

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - p m}{y - p (m + 1)}}$$

Dimana:

d_o = diameter luar gasket

d_i = diameter dalam gasket

y = yield stress (9000 psia)

p = internal pressure (14.7)

m = gasket factor (3.75)

Diketahui d_i gasket = d_o shell = 48 in = 4.0 ft

Maka didapatkan :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{9000 - (14.7 \cdot 3.75)}{9000 - 14.7 (3.75 + 1)}}$$

$$\frac{d_o}{4.0} = 1.0008 \text{ ft}$$

4.0

$$d_o = 4.0033 \text{ ft} = 48.0395 \text{ in}$$

$$\text{Lebar gasket minimum} = \frac{d_o - d_i}{2} = \frac{48.0395 - 48}{2}$$

$$= 0.0197 \text{ in} \approx 1/16 \text{ in}$$

$$\text{Diambil gasket (n) = } 1/16 \text{ in} = 0.0625 \text{ in}$$

$$\text{Diameter rata-rata gasket (G) = } d_i + n$$

$$= 48 + 0.0625$$

$$= 48.0625 \text{ in} = 4.0052 \text{ ft}$$

6.5.2. Perhitungan jumlah dan ukuran baut (Bolting)

Perhitungan beban baut

Dari Brownell & Young, pers. 12.88 hal 24:

Beban gasket supaya tidak bocor (H_y)

$$W_{m2} = H_y = \pi b G y$$

Dari Brownell & Young, fig. 12.12 hal :

$$\begin{aligned} \text{Lebar setting gasket bawah} &= b_o = n/2 \\ &= \frac{0.0625}{2} = 0.0313 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan H_y :

$$\begin{aligned} H_y = W_{m2} &= 3.14 \times 0.0313 \times 48.0625 \times 9000 \\ &= 42445.1953 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.90 hal 24:

Beban baut agar tidak bocor (H_p)

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \pi b G m p \\ &= 2 \times 3.14 \times 0.0313 \times 48.0625 \times 3.75 \times 14.7 \\ &= 519.9536 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.89 hal 24:

Beban karena tekanan dalar (H)

$$\begin{aligned} H &= \frac{\pi}{4} \times G^2 \times p \\ &= \frac{3.14}{4} \times (48.0625)^2 \times 14.7 \\ &= 26656.2901 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.91 hal 24:

Total berat beban pada kondisi operasi (W_{m1})

$$\begin{aligned} W_{m1} &= H + H_p \\ &= 26656.2901 + 519.9536 = 27176.2437 \text{ lb} \end{aligned}$$

Karena $W_{m2} > W_{m1}$, maka yang mengontrol adalah W_{m2}

Perhitungan luas minimum bolting area

Dari Brownell & Young, pers. 12.93 hal 240

$$Am2 = \frac{Wm2}{fa} = \frac{42445.1953}{15000} = 2.8297 \text{ in}^2 = 0.0197 \text{ ft}^2$$

Perhitungan bolting optimum

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal 188 :

$$\text{Ukuran bau} = 1 \text{ in}$$

$$\text{Root area} = 0.551 \text{ in}^2$$

$$\text{Jumlah bolting optimum} = \frac{Am2}{\text{Root area}} = \frac{2.8297}{0.551} = 5.1355 \approx 6 \text{ buah}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal 188 :

$$\text{Bolt spacing} = 2.25 \text{ in}$$

$$\text{Minimum radial distance (I)} = 1.375 \text{ in}$$

$$\text{Edge distance (E)} = 1.0625 \text{ in}$$

Bolting circle diameter (C):

$$C = di \text{ shell} + 2 (14.5 go + R)$$

Dimana:

$$di \text{ shell} = 47.63 \text{ in}$$

$$go = \text{tebal shell (ts)} = 3/16 \text{ in}$$

maka :

$$\begin{aligned} C &= 47.63 + 2 (14.5 \cdot 3/16 + 1.375) \\ &= 55.8125 \text{ in} \end{aligned}$$

Diameter luar flang:

$$\begin{aligned} OD &= C + 2 E \\ &= 55.8125 + (2 \times 1.0625) = 57.9375 \text{ in} \end{aligned}$$

Check lebar gasket :

$$\begin{aligned} Ab \text{ actual} &= \text{jumlah bolt} \times \text{root area} \\ &= 6 \times 0.551 = 3.306 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Lebar gasket minimum

$$\begin{aligned}
 L &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \pi y G} \\
 &= 3.306 \times \frac{15000}{2 \pi \cdot 9000 \cdot 48.0625} \\
 &= 0.0183 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Karena $L < 0.125$ in, jadi perhitungan bolting optimum memenuhi

Perhitungan Moment

Dari Brownell & Young, pers. 12.94 hal 242, untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan uap dalam)

$$\begin{aligned}
 W &= \left[\frac{A_m + A_b}{2} \right] f_a = \left[\frac{2.8297 + 3.306}{2} \right] 15000 \\
 &= 46017.598 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.101 hal 242

$$hG = \frac{C - G}{2} = \frac{55.8125 - 48.0625}{2} = 4 \text{ in}$$

Moment flange (M_a)

Dari Brownell & Young, hal 243

$$\begin{aligned}
 M_a &= W \cdot hG \\
 &= 46017.598 \times 4 = 178318.1909 \text{ lb.in}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.95 hal 243

Dalam kondisi operasi

$$W = W_{m1} = 27176.2437 \text{ lb}$$

Hidraustic and force pada daerah dalam flange (HD)

Dari Brownell & Young, pers. 12.96 hal 243

$$HD = 0.785 B^2 p$$

Dimana:

$$B = \text{do shell reaktor} = 48 \text{ in}$$

$$p = \text{tekanan operasi} = 14.7 \text{ lb/in}^2$$

maka :

$$\begin{aligned} HD &= 0.785 (48)^2 14.7 \\ &= 26587.008 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial bolt circle pada aksi (hD)

Dari Brownell & Young, pers. 12.100 hal 243

$$hD = \frac{C - B}{2} = \frac{55.8125 - 48}{2} = 3.9063 \text{ in}$$

Moment MD

Dari Brownell & Young, pers. 12.96 hal 243

$$\begin{aligned} MC &= HD \times hD \\ &= 26587.008 \times 3.9063 = 103855.5000 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.98 hal 243

$$\begin{aligned} HG &= W - HD \\ &= 27176.2437 - 26587.008 = 589.2357 \text{ lb} \end{aligned}$$

Moment MG

Dari Brownell & Young, pers. 12.98 hal 242

$$\begin{aligned} MC &= HG \times hG \\ &= 589.2357 \times 4 = 2283.288 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal 242

$$\begin{aligned} HT &= H - HD \\ &= 26656.2901 - 26587.008 = 69.2821 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, pers. 12.102 hal 244

$$hT = \frac{hD + hG}{2} = \frac{3.9063 + 4}{2} = 3.8906 \text{ in}$$

Moment MT

Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal 244

$$\begin{aligned} MT &= HT \times hT \\ &= 69.2821 \times 3.8906 = 269.5506 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Moment total pada keadaan operasi (M_o):

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + M_G + M_T \\ &= 103855.5000 + 2283.2884 + 269.5506 \\ &= 106408.3390 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Karena $M_o > M_a$, maka $M_{\max} = M = 106408.3390 \text{ lb.in}$

6.5.3. Perhitungan tebal flange

Dari Brownell & Young, pers. 12.85 hal 239

$$f_T = \frac{Y \cdot M_o}{t^2 \cdot B}$$

Sehingga didapat rumus:

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}} \quad \text{dan} \quad k = A/B$$

Dimana:

$$A = \text{diameter luar flange} = 57.9375 \text{ in}$$

$$B = \text{diameter luar shell} = 48 \text{ in}$$

$$f = \text{stress yang di ijinakan untuk bahan flang} = 18750 \text{ psia}$$

maka :

$$k = \frac{57.9375}{48} = 1.2070$$

Dari Brownell & Young, fig. 12.22 hal 238 didapat:

$$Y = 8$$

$$M = 106408.3390 \text{ lb.in}$$

Sehingga tebal flan :

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{8 \times 106408.3390}{18750 \times 48}} \\ &= 0.9725 \text{ in} \end{aligned}$$

Kesimpulan perancangan :

1. Flange

Bahan konstruksi	:	High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
Tensile strength minimum	:	75000 psia
Allowable stress (f)	:	18750
Tebal flange	:	0.9725 in
Diameter dalam (Di) flange	:	48 in
Diameter luar (Do) flange	:	57.9375 in
Type flange	:	Ring flange loose type

2. Bolting

Bahan konstruksi	:	High Alloy Steel SA 193 Grade B8c type 347
Tensile strength minimum	:	75000 psia
Ukuran baut	:	1 in
Jumlah baut	:	6 buah
Allowable stress (f)	:	15000

3. Gasket

Bahan konstruksi	:	Asbestos filled
Gasket factor (m)	:	3.75
Min design seating stress (y)	:	9000 psia
Tebal gasket (n)	:	1/16 in

6.6. Perhitungan sistem penyangga reaktor

Sistem penyangga dirancang agar mampu untuk penyangga beban reaktor dan perlengkapannya.

Beban-beban yang ditahan oleh penyangga reaktor melij:

Beban shell reaktor

Berat tutup atas standard dishead

Berat tutup bawah reaktor

Berat liquid dalam reaktor

Berat pengaduk dan perlengkapannya

Berat coil pemanas

Berat attachment

Dasar perhitungai :

Berat shell reaktor

Rumus :

$$W_s = \frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2) H \cdot \rho$$

Dimana :

W_s = Berat shell reaktor (lb)

d_o = Diameter luar shell = 48 in = 4.0 ft

d_i = Diameter dalam she = 47.63 in = 3.9688 ft

H = Tinggi shell reaktor (L_s = 85.0395 in = 7.0866 ft

ρ = Densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal 3-95, stell cold drawn)

Berat shell reaktor :

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{\pi}{4} (4.0^2 - 3.9688^2) 7.0866 \times 489 \\ &= 677.4203 \text{ lb} = 307.2711 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat tutup atas standard dishead

Rumus :

$$Wd = A \cdot t \cdot \rho$$

$$A = 6.28 L \cdot h \quad (\text{Hesse, persamaan 4-16 hal 92})$$

Dimana:

$$Wd = \text{berat tutup atas reaktor (lb)}$$

$$A = \text{luas tutup atas standard dishead (ft}^2\text{)}$$

$$t = \text{tebal tutup atas (} t_{ha} = 3/16 \text{ in} = 0.1875 \text{ in} = 0.0156 \text{ ft)}$$

$$L = \text{crown radius (} r = 47.63 \text{ in} = 3.9688 \text{ ft)}$$

$$h = \text{tinggi tutup atas reaktor (} h_a = 10.2525 \text{ in} = 0.8544 \text{ ft)}$$

Luas tutup atas :

$$\begin{aligned} A &= 6.28 (47.63) (10.2525) \\ &= 3066.369 \text{ in}^2 = 21.2942 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Berat tutup atas:

$$\begin{aligned} Wd &= 21.2942 (0.0156) (489) \\ &= 162.7012 \text{ lb} = 73.7996 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat tutup bawah conical

Rumus :

$$Wd = A \cdot t \cdot \rho$$

$$A = 0.785 (D + m) \sqrt{4h^2 + (D - m)^2} + 0.785 D^2$$

(Hesse, persamaan 4-16 hal 92)

Dimana:

$$Wd = \text{berat tutup bawah reaktor (lb)}$$

$$A = \text{luas tutup bawah conical (ft}^2\text{)}$$

$$t = \text{tebal tutup bawah (} t_{hb} = 3/16 \text{ in} = 0.1875 \text{ in} = 0.0156 \text{ ft)}$$

$$D = \text{diameter dalam silinder} = 47.63 \text{ in} = 3.9688 \text{ ft}$$

$$h = \text{tinggi tutup bawah reaktor (} h_b = 15.7486 \text{ in} = 1.3124 \text{ ft)}$$

$$\begin{aligned} m &= \text{flat spot diameter} = 1/2 D = 1/2 (47.63 \text{ in}) \\ &= 23.8125 \text{ in} = 1.9844 \text{ ft} \end{aligned}$$

Luas tutup bawah :

$$\begin{aligned}
 A &= 0.785 (3.9688 + 1.9844) \sqrt{ 4 (1.3124)^2 + (3.9688 - 1.9844)^2 } \\
 &+ 0.78 (3.9688^2) \\
 &= 26.2067 \text{ ft}^2 = 3773.7622 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

Berat tutup bawah :

$$\begin{aligned}
 W_d &= 26.2067 \times 0.0156 \times 489 \\
 &= 200.23543 \text{ lb} = 90.82479 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat liquid dalam reaktor

Rumus :

$$W_l = m \cdot t$$

Dimana:

$$m = \text{berat larutan dalam reaktor} = 2101.4461 \text{ kg/jam} = 4632.8481 \text{ lb/jam}$$

$$t = \text{waktu tinggal liquid dalam reaktor} = 1 \text{ jam}$$

maka :

$$W_l = 4632.8481 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam} = 4632.8481 \text{ lb} = 2101.4136 \text{ kg}$$

Berat poros pengaduk dalam reaktor

Rumus :

$$W_p = V \cdot \rho$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L$$

Dimana:

$$W_p = \text{berat poros pengaduk dalam reaktor (lb)}$$

$$V = \text{volume poros pengaduk (ft}^3\text{)}$$

$$D = \text{diameter poros pengaduk} = 0.8722 \text{ in} = 0.0727 \text{ ft}$$

$$L = \text{panjang poros pengaduk} = 93.4111 \text{ in} = 7.7843 \text{ ft}$$

Volume poros pengaduk:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi}{4} \times 0.0727^2 \times 7.7843 \\
 &= 0.0323 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Berat poros pengaduk :

$$W_p = 0.0323 \times 489 = 15.786 \text{ lb} = 7.1605 \text{ kg}$$

Berat impeller dalam reaktor

Rumus :

$$W_i = V \cdot \rho$$

$$V = 4 (p \cdot l \cdot t)$$

$$p = D_i / 2$$

Dimana:

$$W_i = \text{berat impeller dalam reaktor (lb)}$$

$$V = \text{volume dari total blade (ft}^3\text{)}$$

$$p = \text{panjang 1 kupingan blade (ft)}$$

$$l = \text{lebar 1 kupingan blade} = 2.6988 \text{ in} = 0.2249 \text{ ft}$$

$$t = \text{tebal 1 kupingan blade} = 3.9688 \text{ in} = 0.3307 \text{ ft}$$

$$D_i = \text{diameter pengaduk} = 15.8750 \text{ in} = 1.3229 \text{ ft}$$

Volume impeller pengaduk :

$$p = \frac{1.3229 \text{ ft}}{2} = 0.6615 \text{ ft}$$

$$V = 4 \times 0.6615 \text{ ft} \times 0.2249 \text{ ft} \times 0.3307 \text{ ft} \\ = 0.1968 \text{ ft}^3$$

Berat impeller pengaduk:

$$W_i = 0.1968 \text{ ft}^3 \times 489 \text{ lb/ft}^3 = 96.2333 \text{ lb} = 43.6504 \text{ kg}$$

Berat coil pendingin dalam reaktor

$$W_c = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) H \cdot \rho$$

Dimana:

$$W_c = \text{berat coil pendingin dalam reaktor (lb)}$$

$$D_o = \text{diameter luar pipa coil pendingin} = 0.8400 \text{ in} = 0.0700 \text{ ft}$$

$$D_i = \text{diameter dalam pipa coil pendingin} = 0.5460 \text{ in} = 0.0455 \text{ ft}$$

$$H = \text{panjang coil pendingin} = 65.4883 \text{ ft}$$

Berat coil pemanas :

$$W_c = \frac{\pi}{4} (0.0700^2 - 0.0455^2) \cdot 65.4883 \cdot 489$$

$$= 71.1362 \text{ lb} = 32.2667 \text{ kg}$$

Berat attachment

Berat attachment merupakan berat dari seluruh perlengkapan seperti nozzle, dan sebagainya

Dari Brownell & Young hal 15:

$$W_a = 18\% W_s$$

$$= 18\% (677.4203 \text{ lb})$$

$$= 121.9357 \text{ lb} = 55.3088 \text{ kg}$$

Berat total penyangga

$$W_T = W_s + W_d \text{ tutup atas} + W_d \text{ tutup bawah} + W_l + W_p + W_i + W_c + W_a$$

$$= (677.4203 + 162.7012 + 200.23543 + 4632.8481 + #####$$

$$+ 96.2333 + 71.1362 + 121.9357) \text{ lb}$$

$$= 5978.2963 \text{ lb} = 2711.6954 \text{ kg}$$

Dengan faktor keamanan adalah: 20% maka berat total beban penyang :

$$= 1.2 \cdot 5978.2963 \text{ lb}$$

$$= 7173.9556 \text{ lb} = 3254.0345 \text{ kg}$$

6.7. Perhitungan kolom penyangga reaktor (Leg)

Perencanaa :

Menggunakan 4 buah kolom penyangga (kaki penahan)

Jenis kolom yang digunakan : I beam

Dasar perhitungan :

Beban tiap kolom

Dari Brownell & Young, pers. 10.76 hal 19' :

$$P = \frac{4 P_w \cdot (H - L)}{n \cdot Dbc} + \frac{\Sigma W}{n}$$

Dimana:

$$P = \text{beban tiap kolom (lb)}$$

P_w = total beban permukaan karena angin (lb)

H = tinggi vessel dari pondasi (ft)

L = jarak antara vessel dengan dasar pondasi (ft)

D_{bc} = diameter anchor bolt circle (ft)

n = jumlah support

Σ W = berat total (lb)

P = beban kompresi total maksimum untuk tiap leg (lb)

Reaktor diletakkan didalam ruangan, sehingga tidak dipengaruhi adanya tekanan angin (beban tekanan angin tidak dikontrol).

maka berlaku rumu :

$$P_w = 0$$

$$P = \frac{\Sigma W}{n} = \frac{7173.9556 \text{ lb}}{4} = 1793.4889 \text{ lb}$$

Direncanakan :

Jarak kolom penyangga dari tanah (= 5 ft

Tinggi silinder (H) = 97.4461 in = 8.1205 ft

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyangga} &= 1/2 (H + L) \\ &= 1/2 (8.1205 + 5) \text{ ft} \\ &= 6.5603 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jadi tinggi penyangga (Leg) = 6.5603 ft = 78.7230 in

Trial ukuran I beam

Trial ukuran I beam 5" ukuran 3 x 2 3/8 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu)

Dari Brownell & Young, App. G-3 hal 355 didapat :

Nominal size = 3 in

Berat = 5.7 lb

Area of section (A_y) = 1.64 in²

Depth of beam (h) = 3 in

Width of flange (b) = 2.33 in

Axis (r) = 1.23 in

$$s = 1.7 \text{ in}^3$$

$$I = 2.5 \text{ in}^4$$

Analisa terhadap sumbu Y - Y

Dengan:

$$L/r = 78.7230 \text{ in} / 1.23 \text{ in} = 64.0025 \text{ in}$$

Karena L/r antara 0 - 120 maka $f_c = 15000 \text{ psi}$

$$f_c \text{ aman} = f_c - f_c \text{ eksentrik}$$

$$= f_c - \frac{p(a + 0.5 b)}{I - 1 / 0.5 b}$$

$$= 15000 - \frac{1793.4889 (1.5 + 0.5 \times 2.3)}{2.5 / 0.5 \times 2.3}$$

$$= 14589.7298 \text{ psi} = 14589.7298 \text{ lb/in}^2$$

$$A = \frac{P}{f_c \text{ aman}} = \frac{1793.488899}{14589.7298}$$

$$= 0.1229 \text{ in}^2 < 1.64 \text{ in}^2$$

Kesimpulan perancangan penyangga (L :

$$\text{Ukuran I beam} = 3 \times 2 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$\text{Berat} = 5.7 \text{ lb}$$

$$\text{Jumlah penyangga} = 4 \text{ buah}$$

Peletakan beban dengan beban eksentrik.

6.8. Base Plate

Perencanaa :

Dibuat base plate dengan toleransi panjang adal. 5% dan toleransi lebar 20%

(Hesse, hal 163)

Digunakan besi cor sebagai bahan konstruksi dari base plate

Dasar perhitungai :

Luas base plate

Rumus :

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$$

Dimana:

A_{bp} = luas base plate, in²

P = beban dari tiap-tiap base plate = 1793.4889 lb

f_{bp} = stress yang diterima oleh pondasi (bearibg capacity yang terbuat dari beton)

600 lb/in² (Hesse, tabel 7-7 hal 162)

Sehingga :

$$A_{bp} = \frac{1793.4889 \text{ lb}}{600 \text{ lb/in}^2} = 2.9891 \text{ in}^2$$

Panjang dan lebar base plate

$$A_{bp} = p \times l$$

Dimana:

A_{bp} = luas base plate 2.9891 in²

p = panjang base plate, in = $2m + 0.95h$

l = lebar base plate, in = $2n + 0.8b$

Diasumsika $m = n$ (Hesse, hal 163)

b = 3 in

h = 5 in

maka :

$$\begin{aligned} A_{bp} &= (2m + 0.95 h) \times (2n + 0.8 b) \\ &= [2m + (0.95 \times 5)] \times [(2n + (0.8 \times 3)] \\ &= (2m + 4.75) \times (2m + 2.4) \end{aligned}$$

$$2.9891 = 4m^2 + 14.3 m + 11.4$$

$$0 = 4m^2 + 14.3 m + 8.411$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan:

$$m_1 = -0.7218$$

$$m_2 = 2.8531$$

$$\text{Diambil } m = m_2 = 2.8531$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} p &= (2 \times 2.8531) + (0.95 \times 5) \\ &= 10.4562 \text{ in} \approx 10 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= (2 \times 2.8531) + (0.8 \times 3) \\ &= 8.1062 \text{ in} \approx 8 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 10 in dan lebar base plate 8 in maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah 10 x 8 in dengan luas ($A = 80 \text{ in}^2$)

Peninjauan terhadap bearing capacity

$$f = \frac{P}{A_{\text{baru}}}$$

dengan :

$$f = \text{bearing capacity, lb/in}^2$$

$$P = \text{beban tiap kolom} = 1793.4889 \text{ lb}$$

$$A = \text{luas base plate} = 80 \text{ in}^2$$

maka :

$$f = \frac{1793.4889}{80} = 22.41861 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$$

Karena $f < f_{bp}$, maka dimensi base plate sudah memenuhi.

Peninjauan terhadap harga m dan n

- Panjang base plate (p)

$$p = 2m + 0.95h$$

$$10 = 2m + 0.95 \times 5$$

$$m = 2.625 \text{ in}$$

- Lebar base plate (l)

$$l = 2n + 0.8b$$

$$8 = 2n + 0.8 \times 3$$

$$n = 2.8 \text{ in}$$

Karena harga n > m, maka tebal base plate dihitung berdasarkan harga n.

Menghitung tebal base plate

Rumus :

$$t_{bp} = \sqrt{0.00015 f n^2} \quad (\text{Hesse, pers 7-12, hal : 163})$$

dimana :

$$t_{bp} = \text{tebal base plate, in}$$

$$p = f = \text{actual unit pressure yang terjadi pada base plate}$$

$$= 22.4186 \text{ lb/in}^2$$

$$n = 2.8 \text{ in}$$

maka :

$$t_{bp} = \sqrt{0.00015 \times 22.4186 \times (2.8)^2}$$

$$= 0.162 \text{ in}$$

Menghitung dimensi baut dari base plate

Diketahui :

$$\text{Gaya yang bekerja pada 1 Leg} = 1793.4889 \text{ lb}$$

$$\text{Jumlah baut pada setiap Leg} = 4 \text{ buah}$$

Maka beban tiap baut :

$$P_{\text{baut}} = \frac{P}{n_{\text{baut}}}$$

$$= \frac{1793.4889}{4}$$

$$= 448.3722 \text{ lb}$$

Bahan baut : High Alloy Steel SA-193 grade B type 321

Max. Allowable stress (f) : 15000 psi

$$A_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{baut}}}{f_{\text{baut}}}$$

$$= \frac{448.372248}{15000}$$

$$= 0.0299 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d_{\text{baut}}^2$$

$$0.0299 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times d_{\text{baut}}^2$$

$$d_{\text{baut}}^2 = 0.0381 \text{ in}^2$$

$$d_{\text{baut}} = 0.1951 \text{ in}$$

Standardisasi diameter baut dari tabel 10.4 Brownell & Young, hal : 188 sehingga diperoleh ukuran baut 1 in dengan dimensi baut sebagai berikut :

Ukuran baut	:	1 in
Root area	:	0.551 in ²
Bolt spacing min.	:	2 1/4 in
Min. radial distance	:	1 3/8 in
Edge distance	:	1 1/16 in
Nut dimension	:	1 5/8 in
Max filled radius	:	7/16 in

6.9. Perancangan Lug dan Gusset

Perencanaan :

Digunakan 2 buah plat horizontal (untuk lug) dan 2 buah plat vertikal (untuk gusset).

Type	:	Double gusset plate
Bahan	:	High Alloy Steel SA-193 Grade B8 type 321
Max allowable stress (f)	:	15000 psi
μ	:	poission ratio : 0.33

Menghitung tebal horizontal plate (thp)

$$thp = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f_{\text{allowable}}}}$$

(Pers. 10.41 Brownell & Young, hal: 192)

$$M_y = \frac{P}{\pi} \times \left(1 + \mu' \times \ln \frac{2 \times 1}{\pi} + 1 - \gamma_1 \right)$$

Menentukan gusset spacing (b')

Diketahui :

$$\text{Lebar flange (b)} : 2.33 \text{ in}$$

$$d_{\text{baut}} : 1 \text{ in}$$

$$b' = b + (2 \times d_{\text{baut}})$$

$$= 2.33 + 2 \times 1$$

$$= 4.33 \text{ in}$$

Menentukan panjang lug (l) dengan konstanta γ_1

Diketahui :

$$l = b_{\text{I-Beam}} = \text{lebar flange} = 2.33 \text{ in}$$

$$\frac{b'}{l} = \frac{4.33}{2.33} = 1.8584$$

Dari Tabel 10.6 Brownell & Young, hal : 192 diperoleh :

$$\gamma_1 = 0.073$$

Menentukan radius (e)

$$e = 0.5 \times \text{nut dimension}$$

$$= 0.5 \times 1 \frac{5}{8}$$

$$= 0.8125 \text{ in}$$

Sehingga dapat dihitung :

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \left[(1+\mu) \times \ln \frac{2l}{\pi e} + (1-\gamma_1) \right]$$

$$= \frac{1793.4889}{4\pi} \left[(1 + 0.33) \times \ln \frac{2 \times 2.33}{\pi \times 0.8125} + 1 - 0.073 \right]$$

$$= 246.3191 \text{ lb}$$

maka :

$$thp = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f_{\text{allowable}}}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 246.3191}{15000}}$$

$$= 0.3139 \text{ in}$$

Menghitung tebal gusset (t_g)

$$t_g = \frac{3}{8} \times thp$$

(Pers.10.47 Brownell & Young, hal : 194)

$$= \frac{3}{8} \times 0.3139$$

$$= 0.1177 \text{ in}$$

Menghitung tinggi gusset (h_g)

$$h_g = A + \text{ukuran baut}$$

$$\begin{aligned} \text{dimana } A &= \text{lebar lug} = \text{Ukuran bau} + 9 \text{ in} \\ &= 1 + 9 \\ &= 10 \text{ in} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} h_g &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 10 + 1 \\ &= 11 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung tinggi lug (h)

$$\begin{aligned} h &= h_g + 2thp \\ &= 11 + 2 \times 0.3139 \\ &= 11.6278 \text{ in} \end{aligned}$$

6.10. Perancangan Pondasi

Perencanaan :

1. Beban total yang harus ditahan pondasi :
 - Berat reaktor total
 - Berat penyangga
 - Berat base plate
2. Ditentukan :

- Masing-masing penyangga diberi pondasi
- Spesifik untuk semua penyangga sama

Dasar perhitungan :

Beban tiap kolom (W)

$$W = P = 1793.4889$$

Beban base plate (W_{bp})

Rumus :

$$W_{bp} = p \cdot l \cdot t \cdot \rho$$

dimana :

$$p = \text{panjang base plate} = 10 \text{ in} = 0.8333 \text{ ft}$$

$$l = \text{lebar base plate} = 8 \text{ in} = 0.6667 \text{ ft}$$

$$t = \text{tebal base plate} = 0.162 \text{ in} = 0.0135 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 481 \text{ lb/ft}^3$$

maka :

$$\begin{aligned} W_{bp} &= 0.8333 \times 0.6667 \times 0.0135 \times 481 \\ &= 3.6158 \text{ lb} \end{aligned}$$

Beban tiap penyangga (W_p)

Rumus :

$$W_p = L \times A \times F \times \rho$$

dimana :

$$L = \text{tinggi kolom} = 3 \text{ in} = 0.2500 \text{ ft}$$

$$A = \text{luas kolom I-beam} = 1.64 \text{ in}^2 = 0.0114 \text{ ft}^2$$

$$F = \text{faktor koreksi} = 1$$

$$\rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 481 \text{ lb/ft}^3$$

maka :

$$\begin{aligned} W_p &= 0.2500 \times 0.0114 \times 1 \times 481 \\ &= 1.3695 \text{ lb} \end{aligned}$$

Beban total

$$\begin{aligned} W_T &= W + W_{bp} + W_p \\ &= 1793.4889 + 3.616 + 1.3695 \end{aligned}$$

$$= 1798.474 \text{ lb}$$

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap hanya gaya vertikal dari berat kolom.

Untuk itu luas yang dibutuhkan untuk menahan beban tersebut adalah :

- Luas pondasi atas = 10 x 10
- Luas pondasi bawah = 20 x 20
- Tinggi = 15 in

$$\begin{aligned} \text{Luas pondasi rata-rata (A)} &= \left(\frac{\text{Luas pondasi atas} + \text{Luas pondasi bawah}}{2} \right) \\ &= \frac{10 \times 10}{2} + \frac{20 \times 20}{2} \\ &= 250 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pondasi (V)} &= A \times t \\ &= 250 \times 15 \\ &= 3750 \text{ in}^3 \\ &= 2.1701 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pondasi (W)} &= V \times \rho \\ &= 2.1701 \times 144 \quad (\text{Perry, tabel 3-18}) \\ &= 312.5000 \text{ lb} \\ &= 141.7469 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung tekanan tanah

Pondasi didirikan diatas semen, sand dan gravel, dengan:

$$\begin{aligned} \text{Save bearing power minimum} &= 5 \text{ ton/ft}^2 \\ \text{Save bearing power maximum} &= 10 \text{ ton/ft}^2 \quad (\text{Tabel 12.2 Hesse, hal. 327}) \end{aligned}$$

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$\begin{aligned} P &= 10 \text{ ton/ft}^2 \\ &= 20000 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

Takanan pada tanah :

$$P = \frac{W}{A}$$

dimana :

W = berat beban total + berat pondasi

A = Luas pondasi bawah

maka :

$$P = \frac{1798.474 + 312.5000}{400}$$

$$= 5.2774 \text{ lb/in}^2 = 759.9716 \text{ lb/ft}^2$$

Karena tekanan yang diberikan oleh tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran luas atas sebesar (10 × 10) in dan ukuran luas bawah sebesar (20 × 20) in dengan tinggi pondasi sebesar 15 in dapat digunakan.

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas produk yang diinginkan maka diperlukan adanya suatu alat kontrol untuk jalannya proses suatu industri. Selain itu juga peranan sumber daya manusia sangat penting dalam mengatur dan mengendalikan suatu proses produksi. Dengan pertimbangan tersebut maka perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan dan menjaga keselamatan kerja.

7.1 Instrumentasi

Dalam proses industri kimia, instrumentasi mempunyai peranan yang penting dalam pengendalian proses. Bila diinginkan suatu hasil dengan kondisi tertentu dari suatu masukkan dalam suatu peralatan proses dengan kondisi tertentu pula, maka hal ini dapat tercapai dengan bantuan instrumentasi. Instrumentasi di sini berfungsi sebagai alat ukur yang terdiri dari indikator (penunjuk), pencatat dan alat kontrol (pengendali). Adapun yang dikontrol meliputi : suhu, tekanan, rate aliran, tinggi cairan dalam suatu tangki dan sebagainya. Tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi adalah untuk menjaga keamanan suatu proses dengan jalan :

- Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi aman
- Mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya memutuskan hubungan secara otomatis
- Untuk mendapatkan rate produksi yang diinginkan
- Untuk menjaga kualitas produksi
- Untuk mendapat biaya produksi rendah.



Pengendalian peralatan proses bisa dilakukan secara otomatis dan manual. Pengendalian secara manual digunakan apabila pengendalian proses sepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia. Secara otomatis, bila pengendalian proses dilakukan oleh alat kontrol yang bisa bekerja dengan sendirinya (otomatis). Pengendalian proses dilakukan secara otomatis apabila tidak memungkinkan dilakukan secara manual atau biaya otomasi alat kontrol otomatis lebih murah jika dibandingkan dengan tenaga manusia.

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas produk yang diinginkan maka diperlukan adanya suatu alat kontrol untuk jalannya proses suatu industri. Selain itu juga peranan sumber daya manusia sangat penting dalam mengatur dan mengendalikan suatu proses produksi. Dengan pertimbangan tersebut maka perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan dan menjaga keselamatan kerja.

7.1 Instrumentasi

Dalam proses industri kimia, instrumentasi mempunyai peranan yang penting dalam pengendalian proses. Bila diinginkan suatu hasil dengan kondisi tertentu dari suatu masukan dalam suatu peralatan proses dengan kondisi tertentu pula, maka hal ini dapat tercapai dengan bantuan instrumentasi. Instrumentasi di sini berfungsi sebagai alat ukur yang terdiri dari indikator (penunjuk), pencatat dan alat kontrol (pengendali). Adapun yang dikontrol meliputi : suhu, tekanan, rate aliran, tinggi cairan dalam suatu tangki dan sebagainya. Tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi adalah untuk menjaga keamanan suatu proses dengan jalan :

- Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi aman
- Mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya memutuskan hubungan secara otomatis
- Untuk mendapatkan rate produksi yang diinginkan
- Untuk menjaga kualitas produksi
- Untuk mendapat biaya produksi rendah.



Pengendalian peralatan proses bisa dilakukan secara otomatis dan manual. Pengendalian secara manual digunakan apabila pengendalian proses sepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia. Secara otomatis, bila pengendalian proses dilakukan oleh alat kontrol yang bisa bekerja dengan sendirinya (otomatis). Pengendalian proses dilakukan secara otomatis apabila tidak memungkinkan dilakukan secara manual atau biaya otomatisasi alat kontrol otomatis lebih murah jika dibandingkan dengan tenaga manusia.

Disamping itu pengendalian secara otomatis mempunyai keuntungan antara lain :

- Mengurangi jumlah pegawai
- Keselamatan kerja lebih terjamin.
- Hasilnya dapat dipertanggungjawabkan.
- Ketelitian yang dihasilkan cukup tinggi

Oleh karena itu dalam perencanaan pendirian pabrik ini cenderung pada pemakaian alat kontrol secara otomatis. Namun demikian tenaga manusia masih sangat diperlukan dalam pengoperasian dan pengawasan proses. Dalam perencanaan suatu pabrik, alat kontrol yang diperlukan adalah :

1. Pengatur Suhu

- Temperatur Indikator (TI)
Fungsi : untuk mengetahui secara langsung suhu fluida pada suatu aliran tertentu.
- Temperatur Controller (TC)
Fungsi : untuk mengendalikan suhu fluida dalam aliran proses pada harga yang telah ditentukan.
- Temperatur Recorder Controller (TRC)
Fungsi : mencatat secara kontinu dan mengendalikan suhu pada harga yang telah ditetapkan.
- Temperatur Recorder (TR),
Fungsi : mencatat suhu dari suatu aliran secara kontinu.

2. Pengatur Tekanan

- Pressure Indikator (PI)
Fungsi : untuk mengetahui tekanan pada peralatan setiap saat.
- Pressure Recorder (PR)
Fungsi : untuk mencatat tekanan pada peralatan setiap saat.
- Pressure Recorder Controller (PRC)
Fungsi : mengendalikan dan mencatat tekanan dalam peralatan secara kontinyu.
- Pressure Controller (PC)
Fungsi : mengatur tekanan dalam alat proses secara kontinu agar sesuai dengan harga yang diinginkan.

3. Pengatur Aliran.

- Flow Recorder (FR)
Fungsi : untuk mencatat laju alir dalam pipa secara kontinu dalam pipa.
- Flow Recorder Controller (FRC)
Fungsi : mencatat dan mengatur laju alir fluida melalui perpipaan.
- Flow Controller (FC)
Fungsi : mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaan.

4. Pengatur Tinggi Cairan

- Level Indikator (LI)
Fungsi : untuk mengetahui secara langsung tinggi fluida.
- Level Controller (LC)
Fungsi : mengatur tinggi fluida dalam tangki agar tidak melebihi dari batas tertinggi dan terendah yang ditentukan.

5. Pengatur pH

- pH Controller (pHC)
Fungsi : untuk mengatur pH larutan dalam tangki agar sesuai dengan pH yang ditentukan.

Pemilihan alat-alat kontrol untuk Pra Rencana Pabrik Bioetanol ini selain ditinjau dari kondisi proses yang merupakan syarat utama agar proses dapat berlangsung sesuai dengan yang direncanakan, juga harus mempertimbangkan faktor-faktor berikut :

- Mudah perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.
- Mudah mendapatkan suku cadangnya bila terjadi kerusakan.
- Mudah mengoperasikannya.
- Harganya relatif murah dengan kualitas yang memadai.

Penempatan alat-alat kontrol pada setiap alat dapat dilihat pada tabel berikut :

7.2 Keselamatan kerja

Dalam suatu pabrik, keselamatan kerja harus mendapatkan perhatian yang besar, karena bila masalah ini diabaikan maka akan mengakibatkan terjadinya hal – hal yang tidak diinginkan. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur secara psikologis juga akan membuat para pekerja merasa aman dan senang sehingga akan lebih berkonsentrasi pada pekerjaannya dengan demikian produktivitas akan meningkat. Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata – mata ditunjukkan pada faktor manusianya saja, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada di pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan yang baik maka peralatan akan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

Secara umum ada 3 macam bahaya yang bisa terjadi dalam pabrik yang harus diperhatikan dalam perencanaannya yaitu :

1. Bahaya kebakaran
2. Bahaya mekanik
3. Bahaya terhadap kesehatan

7.2.1 Bahaya kebakaran

Bahaya kebakaran pada pabrik bioetanol ini dapat terjadi karena percikan bunga api pada stop kontak, sambungan kabel/kabel yang isolasinya tidak sempurna (terkelupas).

Cara pencegahannya : kabel/kawat-kawat listrik pada pabrik bioetanol ini disusun rapi dan ditempatkan jauh dari panas dan pekerja, peralatan listrik yang penting seperti switcher dan transformator diletakkan di tempat yang tersendiri (diberi pelindung dan diberi rambu peringatan bahwa tidak ada yang boleh mengoperasikan selain operator/ahli elektronika, pengecekan terhadap isolasi sambungan-sambungan kabel listrik dilakukan sesering mungkin sehingga jika ada isolasi kabel atau sambungan jaringan listrik yang tidak sempurna/terkelupas dapat segera diketahui, larangan merokok di lingkungan pabrik (kecuali pada tempat-tempat yang telah disediakan), penempatan pipa air yang melingkari seluruh lokasi pabrik, para pekerja yang bekerja

atau berada pada pabrik bioetanol ini harus menggunakan alat pelindung diri berupa helm pengaman, sepatu safety.

Cara penanggulangannya : instalasi alat pemutus aliran listrik secara otomatis jika terjadi korsleting, menyediakan peralatan pemadam kebakaran pada tiap unit pabrik dan tempatnya mudah dijangkau, terutama unit-unit yang memungkinkan terjadinya kebakaran, menyediakan alat pelindung diri jika terjadi kecelakaan (pakaian yang tahan api, masker gas, sarung tangan yang tahan api dan panas, peralatan udara segar dsb.), alarm otomatis, menyediakan klinik kesehatan di pabrik bioetanol ini.

7. 2. 2 Bahaya mekanik

Bahaya yang mungkin timbul pada pabrik kemungkinan dapat disebabkan oleh konstruksi pabrik itu sendiri, adanya kebakaran akibat bunga api pada stop kontak, kebocoran pada pipa, dan bahaya oleh alat-alat/mesin yang bergerak, serta cara penanganan dan penyimpanan bahan dan produk. Berikut ini adalah uraian mengenai bahaya yang disebabkan oleh konfigurasi proses pada pabrik bioetanol ini beserta mitigasi yang dilakukan untuk menghindari dan mengatasi terjadinya potensi bahaya tersebut.

7.2.2.1 Bahaya karena konstruksi pabrik

Bahaya yang disebabkan oleh konstruksi pabrik pada pabrik bioetanol ini adalah ketinggian bangunan pabrik, sehingga rawan terhadap bahaya alam, seperti petir dan angin, kurangnya ventilasi dan penerangan yang baik.

Cara pencegahannya : memasang peralatan penyalur petir pada bangunan pabrik bioetanol yang tinggi, memberikan petunjuk untuk pengamanan terhadap bahaya petir, angin dan bahaya alamiah lainnya pada area/bangunan tersebut, dibuat ventilasi yang cukup atau dipasang blower udara agar sesering mungkin dapat terjadi pergantian udara, memasang instalasi penerangan yang baik pada tiap unit agar pekerjaannya dapat mengoperasikan alat dengan baik, memberi jarak yang cukup antar alat dan penyusunan peralatan yang baik, sehingga mudah untuk dioperasikan, pembuatan pintu/tangga darurat, memberi pengaman (berupa batas/pagar pada tempat yang dapat menyebabkan seseorang jatuh (misalnya tangga untuk memeriksa tangki, para pekerja yang bekerja pada bagian proses diharuskan untuk menggunakan alat pelindung diri berupa helm pelindung,sepatu safety, dsb.

Cara penanggulangannya : menyediakan klinik kesehatan dan tenaga medis di pabrik bioetanol, menyediakan kotak P3K di setiap unit pabrik, menyediakan pemadam kebakaran di setiap unit pabrik lengkap dengan peralatan pelindung diri yang tahan api.

7.2.2.2 Bahaya kebocoran pipa

Bahaya kebocoran pipa pada pabrik bioetanol ini, terutama pipa-pipa yang mengalirkan steam (pipa steam) dan bahan berbahaya yang bersifat korosif (pipa yang mengalirkan H_2SO_4), bahan beracun (pipa yang mengalirkan $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(OH)_2$, etanol), ataupun bahan yang mudah terbakar (etanol), serta pipa yang mengangkut steam. mitigasi yang dilakukan untuk menghindari dan mengatasi terjadinya potensi bahaya tersebut.

A. Bahaya karena konstruksi pabrik

Bahaya yang disebabkan oleh konstruksi pabrik pada pabrik bioetanol ini adalah ketinggian bangunan pabrik, sehingga rawan terhadap bahaya alam, seperti petir dan angin, kurangnya ventilasi dan penerangan yang baik.

Cara pencegahannya : memasang peralatan penyalur petir pada bangunan pabrik bioetanol yang tinggi, memberikan petunjuk untuk pengamanan terhadap bahaya petir, angin dan bahaya alamiah lainnya pada area/bangunan tersebut, dibuat ventilasi yang cukup atau dipasang blower udara agar sesering mungkin dapat terjadi pergantian udara, memasang instalasi penerangan yang baik pada tiap unit agar pekerjaannya dapat mengoperasikan alat dengan baik, memberi jarak yang cukup antar alat dan penyusunan peralatan yang baik, sehingga mudah untuk dioperasikan, pembuatan pintu/tangga darurat, memberi pengaman (berupa batas/pagar pada tempat yang dapat menyebabkan seseorang jatuh (misalnya tangga untuk memeriksa tangki, para pekerja yang bekerja pada bagian proses diharuskan untuk menggunakan alat pelindung diri berupa helm pelindung, sepatu safety, dsb).

Cara penanggulangannya : menyediakan klinik kesehatan dan tenaga medis di pabrik bioetanol, menyediakan kotak P3K di setiap unit pabrik, menyediakan pemadam kebakaran di setiap unit pabrik lengkap dengan peralatan pelindung diri yang tahan api.

B. Bahaya kebocoran pipa

Bahaya kebocoran pipa pada pabrik bioetanol ini, terutama pipa-pipa yang mengalirkan steam (pipa steam) dan bahan berbahaya yang bersifat korosif (pipa yang mengalirkan

H₂SO₄), bahan beracun (pipa yang mengalirkan (NH₄)₂SO₄, Ca(OH)₂, etanol), ataupun bahan yang mudah terbakar (etanol), serta pipa yang mengangkut steam.

Cara pencegahannya : pipa-pipa proses sebaiknya diletakkan diatas permukaan tanah agar lebih mudah untuk mendeteksi kebocoran, diberikan warna untuk membedakan pipa yang mengangkut fluida panas dan dingin, dilakukan pengecekan secara berkala terhadap pipa-pipa proses, isolasi panas yang baik pada pipa steam (agar dapat mencegah luka bakar dan mencegah hilangnya panas dari proses), bahan konstruksi pipa harus sesuai dengan sifat dan kondisi bahan yang diangkutnya agar tidak mudah terjadi kebocoran, diterapkan peraturan para pekerja yang berada atau bekerja pada bagian/daerah perpipaan harus menggunakan helm pelindung, kaca mata pelindung, jas laboratorium/pakaian khusus kerja, sarung tangan, sepatu safety.

Cara penanggulangannya : membalut/menutup luka dengan kasa/perban dan segera bawa ke klinik kesehatan, apabila ada tulang/bagian tubuh yang patah, jangan digerakan, lakukan pembidaian dan segera panggil ambulans

C. Bahaya alat/mesin bergerak

Bahaya alat/mesin yang bergerak pada pabrik bioetanol ini adalah terletak pada mesin belt conveyor, bucket elevator, mixer, reaktor.

Cara pencegahan : memberi pengaman (berupa penutup atau pagar) pada belt conveyor, bucket elevator, mixer dan reaktor tersebut, sehingga tidak ada tangan/bagian tubuh dari pekerja yang dengan mudahnya masuk ke alat tersebut, menerapkan peraturan untuk memakai alat pelindung diri berupa pakaian khusus kerja/jas lab, helm pengaman, penutup telinga, memberi peringatan (berupa papan/poster) bahwa dilarang mendekat karena alat tersebut berbahaya, dibentuk organisasi yang bergerak dalam bidang K3, memberikan rambu/instruksi keselamatan kerja di sekitar alat belt conveyor, bucket elevator, mixer, reactor.

Cara penanggulangannya : membalut/menutup luka dengan kasa/perban dan segera bawa ke klinik kesehatan, apabila ada tulang/bagian tubuh yang patah, jangan digerakan, lakukan pembidaian dan segera panggil ambulans.



7.2.3 Bahaya terhadap kesehatan

Bahaya yang terjadi umumnya berkaitan dengan bahan dan produk dapat terjadi karena penyimpanan, penempatan bahan dan produk yang kurang tepat.

Cara pencegahannya : tangki/storage yang menyimpan bahan yang mudah terbakar (storage bioetanol) harus diletakkan di tempat yang tertutup dan jauh dari panas/sumber api, bahan, bentuk dan ukuran tangki harus sesuai dengan yang telah direncanakan dan perancangannya harus sesuai dengan ketentuan standard yang berlaku (ketebalan, jenis bahan, faktor korosi,dll) begitu pula dengan storage yang menyimpan bahan berbahaya lainnya (storage H_2SO_4 , storage $(NH_4)_2SO_4$, storage $Ca(OH)_2$) agar dapat mencegah kebocoran dan memperpanjang usia storage, larangan untuk merokok di sekitar storage bioetanol, diberikan rambu dan instruksi kerja (berupa poster / papan peringatan) di sekitar storage bioetanol, H_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(OH)_2$ diberikan rambu/peraturan (poster) agar menggunakan alat pelindung diri (berupa masker, sarung tangan karet, helm pelindung, pakaian khusus kerja/jas lab, sepatu safety) jika bekerja/berada pada sekitar storage.

Juga pada reaktor diberikan isolasi panas agar panas proses tidak hilang, dan diberikan pagar pembatas agar tidak sembarang orang bisa mendekat ke reaktor, menara destilasi, kolom adsorpsi, selain itu juga diberikan rambu tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di depan pagar yang mengelilingi ke reaktor, menara destilasi, kolom molecular sieve, juga dipasang temperature control dan pressure indicator agar suhu dan tekanan operasinya tidak melebihi batas tekanan operasi dan suhu operasi yang diperkenankan.

Cara penanggulangannya : menyediakan alat pemadam kebakaran pada tempat yang mudah terjangkau di daerah tempat storage bioetanol, fusel oil, asetaldehyde, menyediakan alarm (jika terjadi kebakaran), menyediakan fasilitas mandi darurat, menyediakan P3K, menyediakan alat bantu pernafasan darurat (oksigen, masker, dsb.), segera panggil ambulans. Selain itu, tindakan pencegahan lain yang dapat dilakukan adalah memberi pengarahan dan pelatihan bagi para pekerja tentang pengoperasian alat, pelatihan K3, pelatihan pertolongan pertama pada kecelakaan di pabrik bioetanol, dsb.



Tabel. 7.2 Alat-alat keselamatan kerja pada Pabrik Bioetanol

No	Ala Pelindung	Lokasi Penggunaan
1	Masker	Semua Unit Proses
2	Helm	Semua Unit Proses
3	Sarung tangan	Semua Unit Proses
4	Sepatu karet	Semua Unit Proses
5	Isolasi panas	Semua Unit Proses
6	Baju khusus	Laboratorium
7	Pemadam kebakaran	Semua Unit Proses

7.3 Material Safety Data Sheet (MSDS)

Berikut ini adalah *material safety data sheet* (MSDS) dari bahan yang digunakan serta produk yang dihasilkan :

1. Bioetanol

Dapat menyebabkan iritasi jika terjadi kontak dengan mata. Cuci mata dengan air selama paling tidak 15-20 menit. Cari pertolongan medis jika gejala berlanjut. Kontak yang berkepanjangan dan berulang tidak akan menyebabkan iritasi kulit yang parah. Bahan ini dapat ditemui pada temperatur yang ditingkatkan. Pembakaran secara thermal (karena panas) mungkin terjadi. Tidak ada antisipasi bahaya dari tertelan secara tidak sengaja pada industri. Bioetanol juga mudah terbakar sehingga diharuskan memakai alat pelindung diri.

Pertolongan pertamanya : Jika terkena mata, segera bilas mata dengan air. jika iritasi berlanjut, segera hubungi dokter. Jika terkena kulit, segera cuci dengan sabun dan air. jika tertelan dalam jumlah yang sedikit, tidak berbahaya, tetapi jika tertelan dalam jumlah yang banyak, cari pertolongan atau nasehat dari dokter.

2. Asam Sulfat

Asam Sulfat dapat menyebabkan mata terbakar. Dapat menyebabkan kulit terbakar. Dapat menyebabkan kerusakan sementara dan permanen pada saluran pencernaan. Dapat menyebabkan saluran gastrointestinal (lambung) terbakar. Dapat menyebabkan keracunan system dengan asidosis. Jika terhisap, asam sulfat dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan dengan rasa sakit

yang membakar pada hidung dan tenggorokan, batuk, serak, nafas menjadi pendek-pendek dan edema paru-paru.

Pertolongan pertamanya : Jika terjadi kontak dengan kulit, segera cuci area yang terkena asam sulfat. Jika gejala terus berlanjut, segera cari pertolongan medis. Jika terkena mata, segera cuci basuh mata dengan air bersih yang mengalir, selama paling tidak 15 menit sambil mengangkat kedua kelopak mata sesering mungkin. Segera cari pertolongan medis. Jika tertelan, beri minum beberapa gelas susu atau air. penderita mungkin akan muntah secara spontan, tetapi jangan dipaksa untuk muntah. Jangan memberikan sesuatu lewat mulut, jika penderita tidak sadarkan diri. Jika terhirup, segera pindahkan penderita ke udara segar/bebas. Beri nafas buatan, jika penderita tidak bernafas, dan beri oksigen jika penderita susah bernafas.

3. Kalsium Hidroksida

Seperti banyak zat-zat kimia lainnya, jika terjadi kontak dengan tubuh, kalsium hidroksida dapat menyebabkan bahaya pada kesehatan, seperti :

- Jika terhirup, dapat menyebabkan iritasi sistem pernafasan pada trakea, batuk-batuk, nafas pendek-pendek, bronkitis kimia.
- Jika tertelan, dapat mengakibatkan pendarahan dalam pada sistem pencernaan, kemungkinan terjadi perforation pada esofagus, luka dalam, *vomiting*, diare, dan tidak sadarkan diri.
- Jika terjadi kontak dengan mata, dapat menyebabkan iritasi, luka pada mata, ulceration, dan kebutaan. Kalsium hidroksida dapat mengakibatkan kulit terbakar, dan blistering
- jika terjadi kontak pada kulit, dapat menyebabkan dermatitis atau beberapa macam iritasi pada kulit.

Pertolongan pertamanya :

- Jika terkena mata, segera bilas mata dengan air bersih yang mengalir selama minimal 15 menit sambil mengangkat kelopak mata atas dan bawah sesering mungkin dan segera cari pertolongan medis.
- Jika terkena kulit, segera cari pertolongan medis. Lepas pakaian yang terkontaminasi lalu cuci area kulit yang terkontaminasi dengan air dan sabun selama 15 menit.

- Jika tertelan dan penderita masih sadarkan diri, beri 2-4 gelas susu atau air, jangan dipaksa untuk muntah. jangan memberikan apapun pada penderita yang tidak sadarkan diri. Segera cari pertolongan medis.
- Jika terhirup, segera pindahkan ke udara segar/bebas dan beri oksigen jika penderita susah bernafas, jika diharuskan untuk memberikan bantuan pernafasan, jangan memberikan bantuan pernafasan lewat mulut ke mulut, tetapi berikan oksigen dan gunakan alat bantu yang sesuai seperti masker dan kantung pernafasan. Segera cari pertolongan medis.

4. Karbondioksida

Pada konsentrasi 2 – 10%, gas karbon dioksida dapat menyebabkan mual, pusing, muntah, sakit kepala, kenaikan tekanan darah dan kenaikan frekuensi pernafasan. Pada konsentrasi 8%, mual dan muntah – muntah muncul, sedangkan pada konsentrasi di atas 10%, dalam waktu beberapa menit saja dapat menyebabkan kematian karena kekurangan oksigen. Jika uap dari gas ini mengenai mata dapat menyebabkan mata pedih, begitu juga jika terhirup, dapat menyebabkan pedih pada saluran pernafasan.

Efek kronisnya dapat menyebabkan kerusakan retina dan saraf pusat penglihatan, dan system syaraf pusat. Penolong diharuskan memakai APD (alat pelindung diri) yang dipakai dengan benar terlebih dahulu sebelum menolong korban, kemudian pindahkan korban ke udara segar sesegera mungkin dan panggil bantuan medis. Jika nafas korban tidak bias bernafas, beri nafas buatan, jika susah bernafas, beri oksigen.

5. Ammonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄)

Ammonium Sulfat jika terhirup dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan. Gejalanya berupa batuk – batuk dan sesak napas. Pertolongan pertama pada korban yaitu korban dibawa keluar untuk mendapatkan udara segar. Jika tidak bernapas, berikan pernafasan buatan dan bila kesulitan bernapas berikan oksigen. Setelah itu segera didapatkan perawatan medis.

Ammonium Sulfat jika tertelan dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan. Gejalanya berupa mual – mual, muntah dan diar. Pertolongan pertamanya jangan memberikan apapun ke mulut korban pada saat korban tidak sadarkan diri dan segera mendapatkan perawatan medis. Jika terjadi kontak kulit

dengan Ammonium Sulfat dapat menyebabkan iritasi kulit. Gejalanya yaitu kemerahan pada kulit, gatal – gatal dan nyeri. Pertolongan pertama pada korban dengan segera membasuh kulit dengan air yang banyak selama 15 menit. Lepaskan pakaian dan peralatan yang sudah terkontaminasi dan bersihkan sebelum digunakan kembali.

Ammonium sulfat jika terjadi kontak dengan mata dapat menyebabkan iritasi, kemerahan dan nyeri pada mata. Pertolongan pertama yang diberikan yaitu dengan segera membasuh mata dengan banyak air minimal selama 15 menit dan sekali sekali membuka tutup mata, selanjutnya segera mendapatkan perawatan medis.

7.4 Safety Protection and Emergency Control System

Berdasarkan analisis bahaya yang telah dipaparkan pada subbab sebelumnya, maka *safety protection* yang dilakukan antara lain :

- memasang peralatan penyalur petir pada bangunan pabrik bioetanol yang tinggi
- memberikan petunjuk untuk pengamanan terhadap bahaya petir, angin dan bahaya alamiah lainnya pada area/bangunan tersebut
- dibuat ventilasi yang cukup atau dipasang blower udara agar sesering mungkin dapat terjadi pergantian udara
- memasang instalasi penerangan yang baik pada tiap unit agar pekerjaannya dapat mengoperasikan alat dengan baik
- memberi jarak yang cukup antar alat dan penyusunan peralatan yang baik, sehingga mudah untuk dioperasikan, pembuatan pintu/tangga darurat, memberi pengaman (berupa batas/pagar pada tempat yang dapat menyebabkan seseorang jatuh) misalnya tangga untuk memeriksa tangki, para pekerja yang bekerja pada bagian proses diharuskan untuk menggunakan alat pelindung diri berupa helm pelindung, sepatu safety, dsb.
- Memasang poster/gambar – gambar yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja ketika bekerja pada area pabrik, misalnya : dilarang merokok di area pabrik atau di dekat storage – storage yang menyimpan bahan – bahan yang mudah terbakar, memasang tanda/label tentang bahan – bahan yang disimpan di storage, dsb.

- Membuat peraturan yang mengharuskan memakai pakaian/peralatan safety yang disediakan pabrik jika sedang berada pada area produksi pabrik.
- menyediakan klinik kesehatan dan tenaga medis di pabrik bioetanol
- menyediakan kotak P3K di setiap unit pabrik
- menyediakan pemadam kebakaran di setiap unit pabrik lengkap dengan peralatan pelindung diri yang tahan api
- kabel/kawat-kawat listrik pada pabrik bioetanol ini disusun rapi dan ditempatkan jauh dari panas dan pekerja
- peralatan listrik yang penting seperti switcher dan transformator diletakkan di tempat yang tersendiri (diberi pelindung dan diberi rambu peringatan bahwa tidak ada yang boleh mengoperasikan selain operator/ahli elektronika
- pengecekan terhadap isolasi sambungan-sambungan kabel listrik dilakukan sesering mungkin sehingga jika ada isolasi kabel atau sambungan jaringan listrik yang tidak sempurna/terkelupas dapat segera diketahui.
- penempatan pipa air yang melingkari seluruh lokasi pabrik, para pekerja yang bekerja atau berada pada pabrik bioetanol ini harus menggunakan alat pelindung diri berupa helm pengaman, sepatu safety.
- menyediakan peralatan pemadam kebakaran pada tiap unit pabrik dan tempatnya mudah dijangkau, terutama unit-unit yang memungkinkan terjadinya kebakaran
- menyediakan alat pelindung diri jika terjadi kecelakaan (pakaian yang tahan api, masker gas, sarung tangan yang tahan api dan panas, peralatan udara segar dsb.),
- menyediakan klinik kesehatan di pabrik bioetanol ini.
- pipa-pipa proses sebaiknya diletakkan diatas permukaan tanah agar lebih mudah untuk mendeteksi kebocoran
- diberikan warna untuk membedakan pipa yang mengangkut fluida panas dan dingin
- dilakukan pengecekan secara berkala terhadap pipa-pipa proses, isolasi panas yang baik pada pipa steam (agar dapat mencegah luka bakar dan mencegah hilangnya panas dari proses)
- bahan konstruksi pipa harus sesuai dengan sifat dan kondisi bahan yang diangkutnya agar tidak mudah terjadi kebocoran

- diterapkan peraturan para pekerja yang berada atau bekerja pada bagian/daerah perpipaan harus menggunakan helm pelindung, kaca mata pelindung, jas laboratorium/pakaian khusus kerja, sarung tangan, sepatu safety.
- memberi pengaman (berupa penutup atau pagar) pada belt conveyor, bucket elevator, mixer dan reaktor tersebut, sehingga tidak ada tangan/bagian tubuh dari pekerja yang dengan mudahnya masuk ke alat tersebut
- menerapkan peraturan untuk memakai alat pelindung diri berupa pakaian khusus kerja/jas lab, helm pengaman, penutup telinga
- memberi peringatan (berupa papan/poster) bahwa dilarang mendekat karena alat tersebut berbahaya
- dibentuk organisasi yang bergerak dalam bidang K3
- memberikan rambu/instruksi keselamatan kerja di sekitar alat belt conveyor, bucket elevator, mixer, reactor.
- tangki/storage yang menyimpan bahan yang mudah terbakar (storage bioetanol) diletakkan di tempat yang tertutup dan jauh dari panas/sumber api,
- larangan untuk merokok di sekitar storage bioetanol, diberikan rambu dan instruksi kerja (berupa poster/papan peringatan) di sekitar storage bioetanol, H_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(OH)_2$ diberikan rambu/peraturan (poster) agar menggunakan alat pelindung diri (berupa masker, sarung tangan karet, helm pelindung, pakaian khusus kerja/jas lab, sepatu safety) jika bekerja/berada pada sekitar storage.
- reaktor diberikan isolasi panas agar panas proses tidak hilang
- diberikan pagar pembatas agar tidak sembarang orang bisa mendekat ke reaktor, menara destilasi, kolom adsorpsi, selain itu juga diberikan rambu tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di depan pagar yang mengelilingi ke reaktor, menara destilasi, kolom molecular sieve.
- juga dipasang temperature control dan pressure indicator agar suhu dan tekanan operasinya tidak melebihi batas tekanan operasi dan suhu operasi yang diperkenankan
- memberi pengarahan dan pelatihan bagi para pekerja tentang pengoperasian alat, pelatihan K3, pelatihan pertolongan pertama pada kecelakaan di pabrik bioetanol, dsb.

- Sedangkan emergency control system yang disediakan dan diterapkan di pabrik bioetanol ini antara lain sebagai berikut :
- instalasi alat pemutus aliran listrik secara otomatis jika terjadi korsleting
- instalasi alarm otomatis sebagai tanda peringatan dan shut down pabrik secara otomatis ketika terjadi kerusakan pada alat proses, tekanan dan boiler pada system utilitas pabrik ini melebihi batas maksimum, kebocoran reactor, dsb.
- Instalasi alarm otomatis sebagai tanda/peringatan ketika terjadi kebakaran.

BAB VIII UTILITAS

Utilitas pada suatu pabrik adalah suatu bagian atau unit yang sangat penting untuk menunjang suatu proses produksi, sehingga kapasitas produksi semaksimal mungkin dapat di capai. Adapun unit utilitas di dalam Pra Rencana Pabrik Bioetanol ini meliputi :

- Unit penyediaan air
 - a. Air umpan boiler
 - b. Air pendingin
 - c. Air sanitasi
- Unit penyediaan steam
“*Steam*” ini dipakai dalam proses pada alat reactor hidrolisa, reactor pretreatment, tangki inaktifasi, preheater dan reboiler pada destilasi.
- Unit penyediaan tenaga listrik
- Unit penyediaan bahan bakar

8.1. UNIT PENYEDIAAN AIR

Unit penyediaan air berfungsi sebagai unit yang bertugas memenuhi kebutuhan air yang ditinjau dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi, sedangkan segi kualitas air merupakan syarat air yang harus dipenuhi untuk kemudian dimanfaatkan. Dalam Pra Rencana Pabrik Bioetanol ini ada beberapa kebutuhan air, adapun keperluan tersenut antara lain dipergunakan untuk :

8.1.1. AIR UMPAN BOILER

Air umpan *boiler* merupakan bahan baku pembuatan *steam* yang berfungsi sebagai pemanas pada *heater* dan *reboiler*. Kebutuhan *steam* dipenuhi dengan jalan menguapkan air dalam sebuah ketel (*boiler*), sehingga kesadahan air umpan ketel (*boiler feed water*) harus benar-benar diperhatikan dan diperiksa dengan teliti serta harus bebas dari kotoran yang mungkin akan mengganggu proses produksi *steam* serta akan mengganggu pula jalannya operasi pabrik.

Air yang ada akan selalu mengandung mineral-mineral serta zat-zat yang dapat dikatakan pengganggu bagi proses produksi *steam*. Adanya zat-zat yang terkandung dalam air umpan *boiler* (bahan baku pembuatan *steam*) tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada *boiler*, adapun jenis-jenis zat yang harus selalu dikontrol tersebut antara lain :

- Kadar zat terlarut (*soluble matter*) yang tertinggi
- Zat padat terlarut (*suspended solid*)
- Garam-garam kalsium dan magnesium (penyebab kesadahan)
- Zat organik (*organic matter*)
- Silica, sulfat, asam bebas dan oksida

Air untuk keperluan umpan *boiler* harus memenuhi persyaratan agar air yang digunakan tidak merusak ketel (*boiler*). Persyaratan yang harus dipenuhi adalah air tidak mengandung kation-kation seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dan anion-anion seperti SO_4^{2-} , Cl^- dan SO_3^{2-} . Untuk itu diperlukan treatment secara lebih sempurna. Air umpan *boiler* mempunyai syarat sebagai berikut :

- Total padatan (<i>total dissolved solid</i>)	=	3500 ppm
- Padatan terlarut (<i>suspended solid</i>)	=	300 ppm
- Alkalinitas	=	700 ppm
- Silika	=	60 – 100 ppm
- Besi	=	0,1 ppm
- Tembaga	=	0,5 ppm
- Oksigen	=	0,007 ppm
- Kesadahan (<i>hardness</i>)	=	0
- Kekeruhan (<i>turbidity</i>)	=	175 ppm
- Minyak	=	7 ppm
- Residual fosfat	=	140 ppm

(Perry, Robert H & Chilton Cecil H. 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6th, 7th edition)

Syarat-syarat lain yang harus dipenuhi oleh air umpan *boiler* :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Penyebab utama munculnya busa adalah disebabkan oleh adanya *soluble matter*, *suspended matter* dan kebasaan yang tinggi. Adapun kesulitan yang akan dihadapi dengan adanya busa pada *boiler* adalah :

- Kesulitan pembacaan tinggi permukaan air dalam *boiler*
- Dapat menyebabkan percikan yang kuat yang menyebabkan adanya *solid-solid* yang menempel dan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lanjut.
- Dapat menyebabkan timbulnya ledakan yang diakibatkan oleh percikan yang kuat sehingga menyulitkan pengontrolan tekanan.

Pencegahan masalah yang disebabkan oleh adanya busa pada air umpan boiler adalah dengan menganalisa terlebih dahulu menggunakan metode *salt content* dan *critical concentration*. Sedangkan untuk penanganan lebih lanjut dapat dilakukan dengan penurunan alkalinitas menggunakan penambahan asam serta selalu melakukan *control alkalinity*.

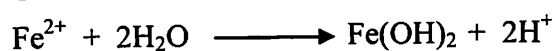
b. Tidak boleh membentuk kerak

Penyebab utama munculnya kerak antara lain disebabkan oleh adanya garam-garam Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , SiO_2 dan Al_2O_3 . Kerak yang terbentuk nantinya akan menyebabkan gangguan pada alat yang antara lain :

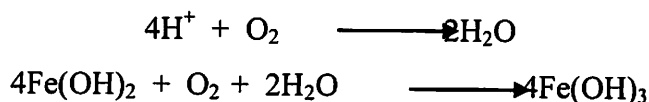
- Efisiensi dari perpindahan panas akan berkurang yang dikarenakan terjadinya isolasi oleh kerak terhadap panas yang masuk sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran akibat tekanan yang kuat.
- Kerak yang terbentuk juga dapat merusak kekuatan dari bahan konstruksi dari *boiler* itu sendiri sehingga akan menurunkan tingkat efisiensi dari segi waktu pemakaian alat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

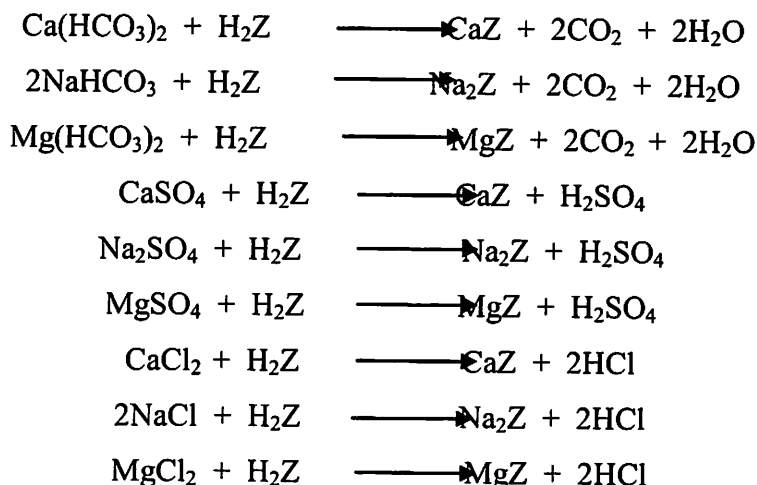
Korosi pada pipa *boiler* disebabkan oleh adanya kadar keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan-bahan organik serta gas CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



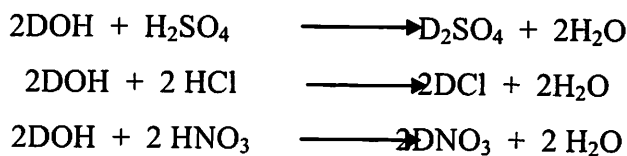
Tetapi bila terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibatnya dengan hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadilah korosi, secara reaksi adalah sebagai berikut :



Proses pelunakan air umpan *boiler* dilakukan dengan menggunakan prinsip pertukaran ion-ion dalam *demineralizer* (*kation dan anion exchanger*). Mula-mula air bersih dilewatkan pada *kation exchanger* dengan menggunakan resin zeolit (*hydrogen exchanger*) sehingga terjadi reaksi sebagai berikut :

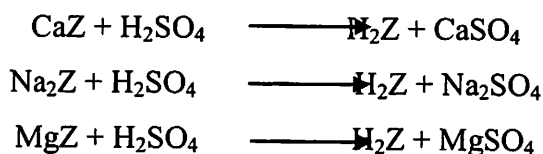


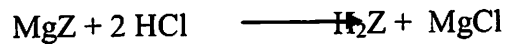
Air yang bersifat asam kemudian dialirkan ke dalam tangki *anion exchanger* untuk menghilangkan anion yang tidak dikehendaki. Tangki *anion exchanger* menggunakan De-acidite (DOH) sehingga terjadi reaksi sebagai berikut :



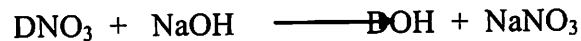
Setelah keluar dari tangki *anion exchanger*, air yang telah bebas dari ion-ion pengganggu dialirkan kedalam bak air lunak dan siap digunakan. Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak lagi aktif. Hal ini dapat diketahui dari sifat kesadahan air umpan *boiler* yang dianalisa terus menerus. Jika terdapat kesadahan air umpan *boiler*, maka hal ini menunjukkan bahwa resin sudah jenuh dan perlu diregenerasi.

Regenerasi resin zeolit (*hydrogen exchanger*) dilakukan dengan menggunakan asam klorida atau asam sulfat, dengan reaksi sebagai berikut:





Regenerasi De-acidite (DOH) dilakukan dengan menggunakan larutan sodium hydroxide atau caustik soda dengan reaksi sebagai berikut :



Air yang digunakan untuk menghasilkan steam didalam boiler disebut juga air umpan boiler. Air pemanas digunakan pada alat – alat sebagai berikut :

Tabel 8.1.1.1 Kebutuhan Steam atau Air Umpan Boiler

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah Steam
			(Kg/Jam)
1	R-210	Reaktor Hidrolisa	1810.87
2	R-110	Reaktor Pretreatment	962.03
3	F-322	Tangki Inaktivasi	1014.38
4	E-415	Preheater	1894.18
5	E-418	Preheater	134.80
6	E-414	Reboiler (destilasi)	24059.22
Total			59750.95

Berdasarkan perhitungan dari Appendix D keperluan *steam* sebesar 59751 kg/jam. Direncanakan banyaknya *steam* disediakan dengan *excess* 20% sebagai pengganti *steam* yang hilang sehingga kebutuhan *steam* sebesar 71701 kg/jam dan dengan menghitung faktor evaporasi didapatkan kebutuhan air umpan *boiler* sebesar 78871 kg/jam.

8.1.2. AIR PENDINGIN

Air pendingin digunakan sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas yang berfungsi untuk menurunkan panas maupun yang berfungsi mengubah fase dari bahan. Alasan mengapa digunakan air sebagai media pendingin disebabkan antara lain karena :

Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar.

- Mudah diatur dan dikerjakan.
- Dapat menyerap jumlah panas yang besar persatuan volume.
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendinginan.
- Tidak mudah terkondensasi

Hal-hal yang harus diperhatikan pada air pendingin antara lain :

- “*Hardness*”, yang memberikan efek pembentukan kerak.
- Besi, penyebab korosi kedua.
- Silika dan ion sulfat, penyebab kerak.
- Molaritas, pH, temperatur sangat menentukan konsentrasi dari karbonat, bikarbonat serta kelarutan dari kalsium karbonat.
- Padatan terlarut, penyebab “*fouling*” sehingga membutuhkan “*dispersant*”.
- Kontaminan seperti hidrokarbon, glikol, NH_3 , SO_2 , H_2S , penyebab “*fouling*” dan pertumbuhan bakteri atau mikroba.
- Minyak, penyebab terganggunya ‘*film corrosion inhibitor*’, “*heat transfer coefiesient*” yang menurun dapat menjadi makanan mikroba yang bisa menyebabkan terbentuknya endapan.

Pada air pendingin ditambahkan zat kimia yang bersifat menghilangkan kerak, lumut, jamur dan korosi.

Air pendingin digunakan pada alat reaktor, vacuum concentrator 2, surface condenser :

Tabel 8.1.2.1 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah air (Kg/Jam)
1	E-115	Cooler	185,569.51
2	E-215	Cooler	137,345.93
3	R-310	Reaktor Starter	5,712.06
4	R-320	Reaktor Fermentor	32,677.95
5	F-412	Kondensor	830,284.06
Total			1,191,590

Dari tabel 8.1.2.1. air yang digunakan untuk keperluan pendingin adalah sebesar 1192000 kg/jam, direncanakan banyaknya air pendingin yang *display* adalah 20% berlebih dari jumlah air pendingin, maka kebutuhan air pendingin adalah 1429907 kg/jam.

8.1.3. AIR SANITASI

Air sanitasi didalam suatu pabrik biasanya dipakai untuk keperluan laboratorium, karyawan yaitu minum, memasak, mencuci dan mandi. Pada dasarnya untuk air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas air bersih meliputi :

a. Syarat Fisik

- Suhu : dibawah suhu udara sekitar (< suhu udara)
- Warna : jernih (tidak bewarna)
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mgr SiO₂/liter

b. Kimia

- pH : 6,5 – 8,5
- Tidak mengandung zar terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
- Tidak mengandung zat-zat beracun

c. Biologis

- Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri “*E. coli*” dan patogen lainnya.
- Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) atau desinfektan.

Dalam proses penyediaan air sanitasi, air yang telah mengalami pengolahan terlebih dahulu harus diolah kembali untuk memenuhi persyaratan air sanitasi. Proses pemenuhan persyaratan air sanitasi tersebut adalah setelah penjernihan, air harus diberi desinfektan terlebih seperti klor cair maupun kaporit.

Adapun kebutuhan air sanitasi yang digunakan sebagai keperluan sehari-hari pada Pabrik Bioetanol ini dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 8.1.3.1 Data Kebutuhan Air Sanitasi

No	Keperluan	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	Karyawan	2,436
2	Laboratorium dan taman	1,218
3	Pemadam kebakaran	1,462
Total		5,117

Tabel 8.1.3.2 Data Kebutuhan Air Total Pabrik Bioetanol

No	Keperluan	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	Air umpan boiler	44,285
2	Air pendingin	1,572,898
3	Air sanitasi	5,117
Total		1,622,300

8.1.4. Uraian Proses Penyediaan Air

Air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah air sungai. Pemilihan air sungai untuk memenuhi kebutuhan air pabrik dikarenakan lokasi pabrik yang dekat dengan sungai brantas Gresik, Jawa Timur. Sebelum digunakan, air sungai

akan diolah terlebih dahulu guna menyesuaikan dengan persyaratan air untuk peruntukan dan penggunaan dalam pabrik.

Air sungai pertama-tama dialirkan dari sungai dengan menggunakan pompa L-212 menuju bak sedimentasi F-213 untuk diendapkan kandungan pasir maupun pengotor lainnya. Sebelum dipompa ke dalam bak sedimentasi air sungai telah melalui filtrasi pengotor yang berukuran besar dengan menggunakan *filter* H-221 yang terdapat diujung pipa yang tertanam di dalam badan sungai. Setelah mengalami proses pengendapan dalam bak sedimentasi, air sungai kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa L-214 menuju bak *skimmer* F-215 untuk selanjutnya dilakukan proses pengolahan ataupun penghilangan bahan terapung seperti minyak dan pengotor-pengotor lain. Kemudian dari bak *skimmer* air sungai tersebut dialirkan kembali dengan menggunakan pompa L-216 menuju *clarifier* H-210 untuk dilakukan proses pemurnian tahap awal dengan menambahkan larutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ atau larutan alum guna memisahkan *suspended solid* serta zat terlarut lainnya yang terdapat dalam air sungai secara kimiawi. Padatan yang terbentuk pada *clarifier* akan dikeluarkan melalui bagian bawah *clarifier* sedangkan air bersih akan dikeluarkan dari *clarifier* melalui *over flow* atau bagian samping *clarifier* untuk kemudian difiltrasi kembali.

Air bersih yang keluar dari *clarifier* H-210 kemudian dialirkan ke dalam *sand filter* H-221 untuk menyaring kembali apabila terdapat pasir maupun endapan yang terikat dalam aliran air bersih. Setelah melalui *sand filter*, air bersih kemudian dialirkan dan ditampung dalam bak air bersih F-222 untuk kemudian dibagi menjadi tiga aliran guna pengolahan lanjutan. Air bersih yang berada di dalam bak air bersih kemudian diolah kembali sesuai peruntukan masing-masing, adapun proses pengolahan berdasarkan fungsi masing-masing tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

1. Pengolahan air lunak

Air bersih dari bak air bersih F-222 dialirkan menggunakan pompa L-223 menuju alat *kation exchanger* D-220A untuk dilakukan proses pemisahan kandungan anion yang menyebabkan kesadahan maupun mineral-mineral lain yang dapat mengganggu proses penggunaan air. Dalam *kation exchanger* D-220A digunakan resin zeolit (*hydrogen exchanger*) untuk mengikat anion-pengganggu sehingga air bebas dari mineral-mineral penyebab kesadahan. Setelah melalui *kation exchanger* D-220A, air bersih kemudian dialirkan

menuju *anion exchanger* D-220B untuk dihilangkan kandungan kalsium maupun mineral-mineral pengganggu. Dalam *anion exchanger* D-220 digunakan *De-acidite* (DOH) untuk memurnikan air dari ion pengganggu. Setelah melalui tahapan (*Demineralizer*) air bersih tersebut kemudian dialirkan kedalam bak air lunak F-231.

Air lunak dari bak F-231 kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa L-232 menuju deaerator D-233 untuk dilakukan proses penghilangan kandungan CO₂ dan O₂ terlarut serta pemanasan tahap awal. Setelah melalui proses awal dalam deaerator D-233, air lunak umpan boiler tersebut dialirkan dengan pompa L-234 menuju boiler Q-230 untuk diubah dari fase cair menjadi steam *superheated* yang nantinya akan dimanfaatkan sebagai media pemanas pada peralatan proses yang ada. Steam yang dihasilkan sebagai media pemanas dimanfaatkan sebagai media pemanasan tahap awal untuk air umpan boiler pada deaerator D-233. Setelah digunakan, steam tersebut kemudian dikembalikan kembali kedalam bak air lunak dengan nama *steam condensat* dengan suhu yang disesuaikan dengan suhu dalam bak air lunak.

2. Pengolahan air pendingin

Air bersih yang berada di dalam bak air bersih F-222 dialirkan dengan menggunakan pompa L-241 kedalam bak air pendingin F-242 untuk ditampung sementara sebagai air media pendingin. Kemudian dari bak air pendingin F-242 air pendingin dialirkan kembali dengan menggunakan pompa L-243 untuk didistribusikan kedalam peralatan proses sebagai media pendingin proses. Setelah digunakan sebagai media pendingin, air pendingin tersebut kemudian dipompa keluar proses dengan menggunakan pompa L-244 untuk di alirkan menuju *cooling tower* P-240 untuk dilakukan proses pendinginan kembali sehingga air dapat dimanfaatkan kembali sebagai media pendingin. Setelah dilakukan proses pendinginan kembali dalam alat *cooling tower* P-240 air pendingin tersebut kemudian dikembalikan kedalam bak air pendingin F-242 untuk ditampung dan digunakan kembali.

3. Pengolahan air sanitasi

Air bersih dari bak air bersih F-222 dialirkan dengan menggunakan pompa L-251 untuk dialirkan kedalam bak klorinasi F-250 untuk kemudian

ditambahkan desinfektan berupa Cl_2 (klor) cair untuk mematikan mikroorganisme merugikan dalam air sehingga air aman untuk keperluan sanitasi. Setelah proses klorinasi, air kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa L-252 menuju bak air sanitasi F-253 untuk ditampung sebagai air sanitasi. Setelah ditampung dalam bak air sanitasi, air tersebut siap dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman serta pemadam kebakaran.

8.2. UNIT PENYEDIAAN STEAM

Unit penyediaan *steam* berfungsi untuk menyediakan kebutuhan *steam* yang digunakan sebagai media pemanas pada proses produksi. Bahan baku pembuatan *steam* adalah air umpan *boiler*. *Steam* yang dibutuhkan dalam proses produksi mempunyai kondisi sebagai berikut :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 250 °C

Steam yang telah digunakan dan telah menjadi kondensat kemudian akan kirim ke unit pengolahan untuk dilakukan proses *recovery* (disirkulasi). Hal ini dimaksudkan untuk menghemat pemakaian air umpan *boiler* sehingga pemakaian air umpan boiler segar dapat dikurangi baik secara jumlah maupun proses pengolahannya.

Adapun kebutuhan *steam* tersebut digunakan sebagai media pada beberapa peralatan proses, adapun peralatan-peralatan tersebut antara lain adalah sebagai berikut :



Tabel 8.2.1. Data Kebutuhan *Steam*

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah <i>Steam</i> (Kg/Jam)
1	R-210	Reaktor Hidrolisa	1810.87
2	R-110	Reaktor Pretreatment	962.03
3	F-322	Tangki Inaktivasi	1014.38
4	E-415	Preheater	1894.18
5	E-418	Preheater	134.80
6	E-414	Reboiler (destilasi)	24059.22
Total			59,751

Berdasarkan perhitungan dari Appendix D keperluan *steam* sebesar 59751 kg/jam. Direncanakan banyaknya *steam* disediakan dengan *excess* 20% sebagai pengganti *steam* yang hilang sehingga kebutuhan *steam* total sebesar 71701 kg/jam.

8.3. UNIT PENYIAPAN LISTRIK

Dalam memenuhi kebutuhan listrik, direncanakan diperoleh 40% dari PLN dan 60% dari generator. Tenaga listrik yang disediakan digunakan untuk menggerakkan motor instrumentasi dan lain-lain. Adapun perincian kebutuhan listrik adalah :

1. Kebutuhan listrik untuk proses
 - Total kebutuhan listrik untuk proses yaitu sebesar 67 Hp = 49.95 kW
 - Total kebutuhan listrik untuk daerah pengolah air adalah 29 Hp = 21.15 kW

Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas adalah 71,58 kW
2. Kebutuhan untuk instrumentasi
 - Tenaga listrik yang dibutuhkan untuk instrumentasi 10% dari tenaga yang dibutuhkan untuk proses, maka kebutuhan listrik untuk instrumentasi adalah 7.158 kWh.
3. Kebutuhan listrik untuk penerangan
 - Penggunaan lampu merkuri 250 watt dengan lumen output 10.000



Total listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar $= 2.984 \times 250 \text{ watt} = 746,00 \text{ kW}$

- Penggunaan lampu fluorescent 40 watt dengan lumen output 1960
Listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar $= 313 \times 40 \text{ watt} = 12,520 \text{ kW}$
- Penggunaan lampu fluorescent 20 watt dengan lumen output 1.960
Listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar $= 27 \times 20 \text{ watt} = 0,540 \text{ kW}$

Sehingga total kebutuhan listrik untuk penerangan adalah

$$\text{Total listrik penerangan} = (746,000 + 12,520 + 0,540) \text{ kW} = 759,060 \text{ kW}$$

4. Kebutuhan listrik untuk lain-lain

- Kebutuhan listrik untuk lain-lain seperti pemakaian computer, mesin fotokopi, mesin fax, AC, lemari es, dan lain-lain sebesar 10 kW.

Berdasarkan kebutuhan listrik dari masing-masing kebutuhan unit pabrik, maka total kebutuhan listrik dari Pabrik Bioetanol adalah 847.79 kWh

Guna menjaga ketersediaan listrik yang stabil maka *Safety factor* ditetapkan sebesar 10% dari total kebutuhan listrik 847.79 kWh, jadi total kebutuhan listrik Bioetanol = 932.57 kW

Jadi total kebutuhan listrik adalah 932.57 kW, dimana listrik yang disuplai dari PLN sebesar 40% yaitu 373.0281083kW. Sedangkan listrik yang disuplai generator set sebesar 60% yaitu 559,54 kW.

8.4. UNIT PENYIAPAN BAHAN BAKAR

Bahan bakar yang dibutuhkan oleh pabrik merupakan bahan bakar yang digunakan pada generator. Bahan bakar yang digunakan adalah *fuel oil*, pemilihan bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harga relatif murah
- Mudah didapat
- Viskositasnya relatif rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat

Sifat-sifat *fuel diesel oil* antara lain sebagai berikut:

- Flash point = min. 38 °C (100 °F)
- Komposisi karbon = 86,47 %
- Komposisi nitrogen = 0,006 %

- Komposisi hydrogen = 12,6 %
- Komposisi sulfur = 0,22
- Pour point = -7 °C (20°F)
- Densitas = 0,88 g/cm³
- Heating value = 130.500 Btu/gall
- Viscositas = min. 0,0011 cp

(www.bioenergy.org
 (Perry's 5th ed., *Chemical Eng. 's Handbook*, hal. 9-8 s.d.

Spesifikasi Generator :

- Type : AC generator 3 phase
- Kapasitas : 725 KW
- Effisiensi : 80%
- Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

Jadi kebutuhan bahan bakar pada generator untuk pabrik Bioetanol ini adalah
 71,7575 L/jam

Spesifikasi *storage fuel diesel oil*

Fungsi : Menyimpan diesel oil yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk generator selama 15 hari

- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 299 Grade C*
- Diameter dalam (D_i) : 227,625 in
- Diameter luar (D_o) : 228 in
- Tebal silinder (t_s) : $\frac{6}{16}$ in
- Tebal tutup atas : $\frac{3}{16}$ in
- Tinggi silinder (L_s) : 120,9453 in
- Jumlah : 3 buah

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1. Lokasi Pabrik

Dalam Pra Rencana Pabrik, penentuan lokasi pabrik adalah salah satu hal yang paling penting. Hal tersebut dikarenakan akan sangat berpengaruh pada kelangsungan hidup pabrik yang akan didirikan itu sendiri. Selain itu pemilihan dan penentuan tata letak komponen-komponen dan fasilitas pabrik juga menentukan efisiensi dari proses produksi yang akan dilakukan.

Dasar pemilihan lokasi pabrik dari suatu perusahaan menjadi jauh lebih penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat, dimana persaingan dan kedudukan pabrik dimata masyarakat menjadi salah satu penentu berjalannya kehidupan pabrik nantinya. Selain pertimbangan tersebut penentuan tata letak dan lokasi pabrik juga dapat membantu memperkirakan biaya seakurat mungkin sebelum mendirikan pabrik, maupun desain secara terperinci dimasa yang akan datang yang mana meliputi desain sistem perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan serta kelistrikan maupun utilitas.

Oleh karena itu, perlu diadakan seleksi dan evaluasi sehingga lokasi benar-benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala aspek. Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua, antara lain :

9.1.1. Faktor Utama

1. Penyediaan Bahan Baku

Ditinjau dari tersedia bahan baku dan harga bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku :

- a. Letak sumber bahan baku
- b. Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya untuk mencukupi kebutuhan pabrik yang akan didirikan.

- c. Kualitas dan kuantitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas dan kuantitas bahan baku tersebut sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- d. Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan dari bahan tersebut.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam industri kimia karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Dimana hasil produksi akan dipasarkan (*marketing area*)
- Kebutuhan produk pada saat sekarang dan pada masa yang akan datang
- Pengaruh persaingan yang ada
- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan sampai ke daerah pemasaran.

3. Utilitas (Bahan bakar, Sumber air dan listrik)

Utilitas merupakan unit yang sangat penting karena merupakan sarana kelancaran proses produksi. Adapun bagian dari utilitas adalah sebagai berikut :

a. Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, air umpan boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini air dapat diambil dari berbagai macam sumber, yaitu :

- Air sungai (sumber) atau air laut
- Air kawasan
- Air PDAM

Bila air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air dari sumber (sumber) atau air laut akan lebih ekonomis. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sumber air :

- Kemampuan sumber air untuk melayani pabrik
- Kualitas air yang disediakan, namun dilihat lagi dari jenis industri yang akan memanfaatkannya. Jika dalam jumlah yang tidak terlalu besar air sungai dapat digunakan tetapi jika dalam jumlah yang sangat besar dan digunakan air laut yang telah diproses terlebih dahulu.

- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air
- Memperkirakan kebutuhan air yang mendukung industri termasuk untuk air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan boiler dan air yang tersedia untuk mencegah kebakaran.
- Memperhatikan efek pembuangan limbah dari aktivitas industri terhadap lingkungan sekitar terutama yang dapat menyebabkan kontaminasi terhadap air

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari dapat diambil dari dua sumber : air sungai dan air laut. Air sungai dan air laut diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan dan digunakan untuk keperluan pabrik, sarana dan prasarana, serta disalurkan kepemukiman disekitar pabrik. Air laut hanya digunakan untuk media pendinginan untuk alat yang memerlukan media pendingin dalam jumlah sangat besar. Sedangkan air kawasan dan air PDAM hanya bersifat cadangan.

b. Listrik dan bahan bakar

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan penting terutama sebagai motor penggerak selain penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya. Hal-hal yang harus diperhatikan :

- Ada tidaknya jumlah tenaga listrik yang tersedia didaerah tersebut.
- Harga tenaga listrik di daerah tersebut.
- Harga tenaga listrik dan bahan bakar dimasa yang akan datang.
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.
- Persediaan tenaga listrik dimasa yang akan datang.

Sumber listrik sebagian didapatkan sebagian dari PLN dan sebagian dihasilkan oleh pabrik sendiri yaitu dari pembangkit listrik berbahan bakar solar dan generator. Bahan bakar digunakan untuk menghasilkan steam pada boiler dan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan *generator*.

4. Keadaan Geografis dan Masyarakat

Keadaan geografis dan masyarakat di lingkungan sekitar pabrik harus mendukung iklim industri untuk menciptakan kenyamanan dan ketentraman

dalam bekerja. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut :

- Kesiapan masyarakat untuk menjadi masyarakat industri.
- Keadaan alam yang ada, dimana keadaan alam yang menyulitkan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan bangunan.
- Keadaan angin (kecepatan dan arah angin) pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut.
- Kemungkinan terjadinya gempa bumi, banjir, angin topan dan lain-lain.
- Kondisi atau keadaan tanah tempat pabrik berdiri harus diperhatikan : dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan pabrik jika tidak dalam kondisi yang mendukung.
- Pengaruh produk yang dihasilkan maupun proses yang digunakan terhadap masyarakat di lingkungan sekitar pabrik terutama untuk industri menghasilkan bahan berbahaya.
- Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

Dengan memperhatikan beberapa faktor tersebut maka sebelum pendirian pabrik harus dilakukan *survey area* terlebih dahulu sebelum pendirian pabrik sehingga keberlangsungan dan masa depan pabrik dapat terjamin.

(Timmerhaus, Peters M.S. 2003. *Plant Design & Economic For Chemical Engineering*, 5th ed. (Vilbrandt, Frank C & Dryden, Charlese. 1959. *Chemical Engineering Palnt Design*, 4th ed.

9.1.2. Faktor Khusus

1. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran pembekalan (*supply*) bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Oleh sebab itu perlu diperhatikan faktor-faktor yang ada, seperti berikut

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan berat.
- Jalur kereta api.
- Adanya pelabuhan laut dan lapangan udara.
- Sungai atau laut yang dapat dilalui perahu atau kapal.
- Jarak pabrik dengan sumber bahan baku maupun dengan daerah pemasaran.

(Bernasconi, G. 1995. *Chemical Technology Handbook*)
 (Vilbrandt, Frank C & Dryden, Charlese. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*, 4th edition)

2. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kasar atau tenaga ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran dari perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja juga mendukung pendirian pabrik ini. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam hal ini antara lain :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan.
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia.
- Tingkat penghasilan tenaga kerja didaerah tersebut.
- Karakteristik dari lokasi.

3. Buangan Pabrik dan Pembuangan Limbah

Buangan pabrik dan pembuangan limbah merupakan salah satu faktor yang harus diperhitungkan, sebab apabila buangan pabrik (*waste disposal*) memiliki sifat berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka yang harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Cara menentukan bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah polusi atau efek samping dari polusi yang mungkin timbul.

Untuk pembuangan limbah industri harus memperhatikan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padatan dengan memperhatikan ketentuan dari pemerintah maupun peraturan-peraturan yang telah disepakati oleh dunia internasional, khususnya menyangkut ISO 14001 (*Environmental Protection*).

4. Perpajakan dan Asuransi

Perpajakan dan asuransi merupakan masalah yang berkaitan dengan pemberian ijin dan sistem perpajakan di daerah pendirian pabrik tersebut. Adapun hal-hal yang mempengaruhi pendirian pabrik dari sektor perpajakan dan asuransi antara lain :

- Pendapatan daerah tersebut
- Asuransi untuk pengangguran
- Monopoli perusahaan

5. Karakteristik dari Lokasi

Dalam pemilihan lokasi pabrik harus diperhatikan karakteristik dari tersebut, lokasi pendirian pabrik yang baik adalah daerah dengan pendukung yang paling memadai. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi antara lain :

- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit dan lain.
- Harga tanah dan fasilitas lainnya.

6. Faktor Lingkungan (Komunitas)

Hal-hal yang menyangkut faktor lingkungan (komunitas) merupakan salah aspek yang harus dipertimbangkan, adapun hal-hal tersebut antara lain :

- Lokasi termasuk perkotaan atau pedesaan
- Fasilitas perumahan, sekolah, sarana kesehatan (poliklinik) dan tempat ibadah
- Adat istiadat atau budaya di daerah sekitar pabrik

7. Peraturan Perundang-undangan

Peraturan perundang-undangan merupakan aspek yang sangat penting yang dipertimbangkan. Adapun hal-hal mengenai peraturan perundang-undangan yang perlu diperhatikan antara lain :

- Ketentuan-ketentuan mengenai wilayah industri di daerah tersebut
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada bagi industri di daerah tersebut

(Timmerhaus, Peters M.S. 2003. *Plant Design & Economic For Chemical Engineering*, 5th ed
(Vilbrandt, Frank C & Dryden, Charlese. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*, 4th ed

Berdasarkan pertimbangan dengan memperhatikan faktor-faktor yang diutarakan di atas, maka dapat ditentukan bahwa pendirian Pabrik Bioetanol amoniak dan karbondioksida dengan proses aces dengan kapasitas 13000 KL/ta berada di Lamongan Jawa Timur yang diharapkan dapat memberikan keuntungan sebesar-besarnya. Adapun faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan dan pendirian Pabrik Bioetanol ini antara lain :

1. Bahan baku

Ketersediaan bahan baku yang cukup memadai disebabkan daerah tersebut berdekatan dengan kegiatan eksplorasi bahan baku produksi Bioetanol yang nantinya akan dihasilkan pula produk Bioetanol, sehingga memudahkan dan

penyediaan bahan baku, maka akan diadakanya pembangunan jalan maupun pipa-pipa.

2. Pemasaran

Produk Bioetanol yang dihasilkan akan didistribusikan melalui kapal maupun darat. Dengan didukung oleh daerah yang dekat dengan pelabuhan, sehingga memudahkan dalam pendistribusian produk.

3. Sarana Transportasi

Telah tersedia jalan raya yang memadai sehingga pengiriman barang keluar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan yang berarti.

4. Penyediaan Utilitas

Pabrik Bioetanol ini memerlukan air yang cukup banyak baik untuk media pendingin, penghasil steam dan keperluan lainnya. Sehingga untuk memenuhi diperlukan air sungai dan air bor. Energi listrik sebagian diperoleh dari PLN dan sebagian dihasilkan oleh pabrik sendiri, sedangkan bahan bakar diperoleh dari PT. Pertamina, Tbk

5. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil dan terdidik untuk pengoperasian alat-alat industri perlu dipertimbangkan. Tenaga kerja Indonesia cukup banyak sehingga penyediaan tenaga kerja tidaklah begitu sulit. Untuk ketersediaan tenaga kerja, daerah Lamongan, Jawa Timur merupakan salah satu daerah penyedia tenaga kerja yang produktif dan potensial. Tenaga kerja dengan pendidikan menengah dan kejuruan dapat diambil dari daerah sekitar sedangkan untuk tenaga ahli dapat didatangkan dari daerah lain maupun daerah sekitar, karena banyak perguruan tinggi terkemuka yang selalu mampu menghasilkan sumber daya manusia yang berkualitas.

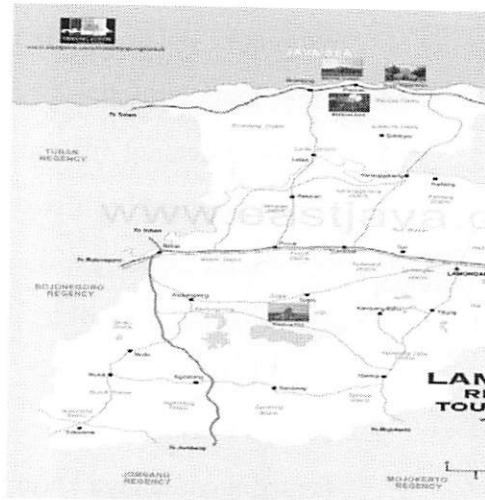
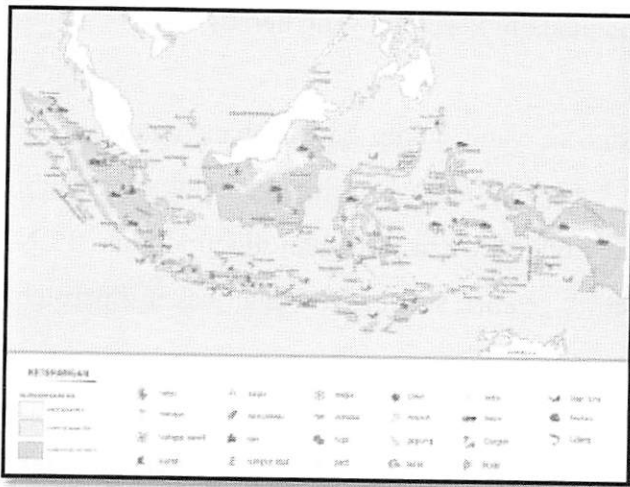
6. Karakteristik Lingkungan dan Iklim.

Faktor-faktor yang menyangkut karakteristik lingkungan, iklim dan faktor-faktor sosial tidak menjadi masalah bila ditinjau dari industri-industri yang telah ada sebelumnya. Disamping itu mengingat daerah Lamongan, Jawa Timur dan sekitarnya merupakan daerah yang memiliki banyak pabrik maka pemerintah setempat akan lebih mudah memberikan izin pendirian dan usaha. Keadaan iklim dan cuaca di daerah Lamongan, Jawa Timur dapat dikatakan

stabil dimana tingkat curah hujan masih normal dan kisaran suhu antara hingga 31 °C.

Peta lokasi Pabrik Bioetanol ini direncanakan akan didirikan diKabupaten Lamongan, Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 9.1.1. Peta Lokasi Pabrik Bioetanol ini dibuat dari amoniak dan karbondioksida :

Peta Lamongan Provinsi Jawa Timur



Gambar 9.1.1. Peta Lokasi Pabrik Bioetanol

Keterangan :



= Lokasi Pabrik Bioetanol

9.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah pengaturan atau peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan dan areal material sedemikian rupa sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Tujuan utama dari tata letak pabrik adalah :

- Untuk mengatur alat-alat serta fasilitas produksi
- Untuk menjaga keselamatan
- Supaya pemeliharaan dapat diatur dengan mudah
- Pembiayaan dapat ditekan seminimal mungkin
- Fungsi dari peralatan dan bangunan dapat dipakai seefisien mungkin

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

9.2.1. Tata Letak Bangunan Pabrik

Pengaturan tata letak ruangan dari unit-unit bangunan dalam suatu pabrik dapat dilaksanakan sedemikian rupa sehingga :

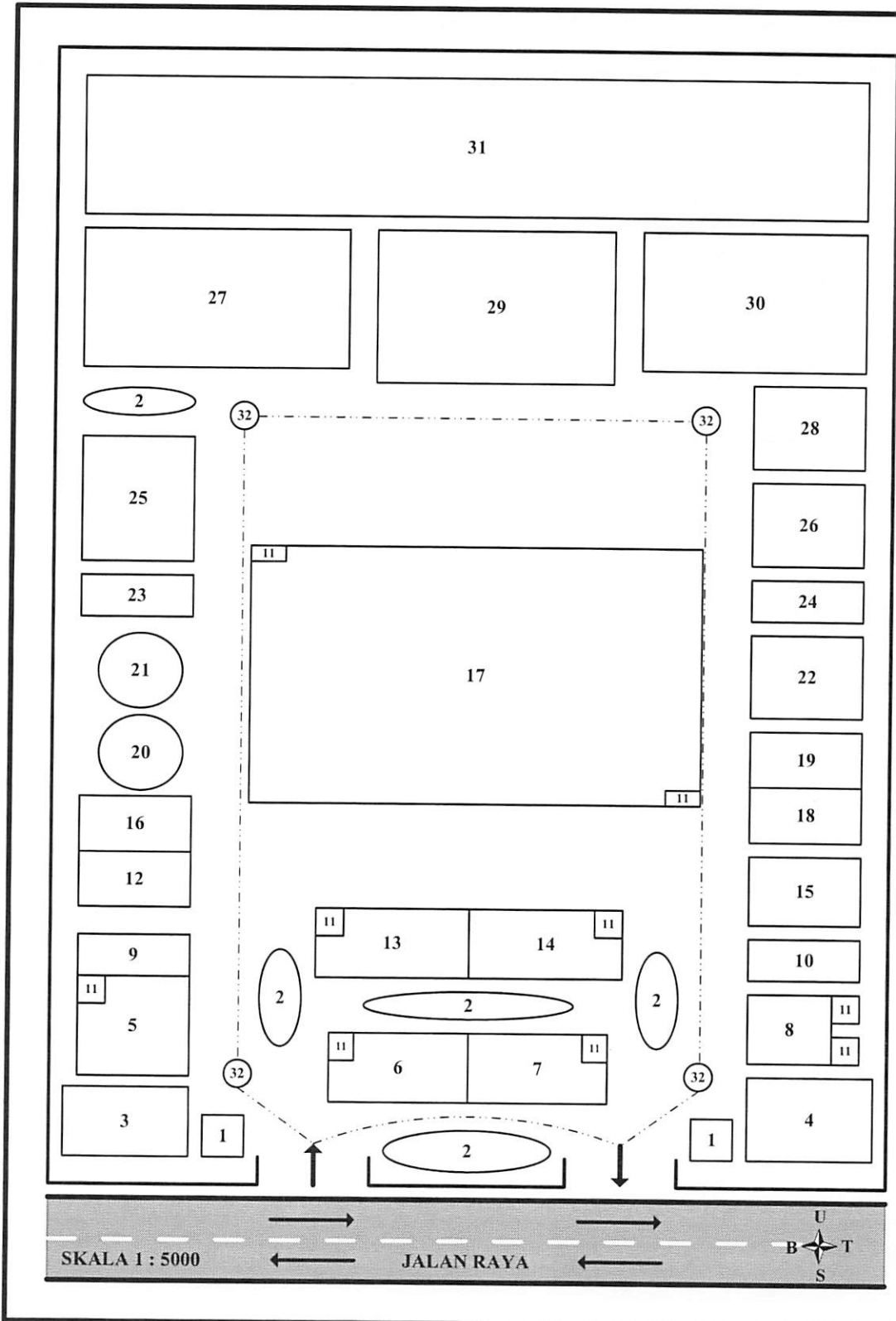
- Pemakaian areal tanah sekecil mungkin.
- Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang mungkin timbul
- Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- Terjadinya areal tanah jalan maupun perluasan pabrik
- Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik adalah sebagai berikut :

Tabel 9.2.1.1. Perincian Luas Bangunan Pabrik

No	Jenis Bangunan	Ukuran (m)		Luas (m ²)	Jumlah	Luas (m ²)
		<i>p</i>	<i>l</i>			
1	Pos Keamanan	5	4	20	2	40
2	Taman	15	10	150	5	750
3	Parkir Tamu	30	3	90	1	90
4	Parkir Karyawan	40	3	120	1	120
5	Lobi	10	10	100	1	100
6	<i>Main Office Building A</i>	20	15	300	1	300
7	<i>Main Office Building B</i>	20	15	300	1	300
8	Mushola	10	5	50	1	50
9	Perpustakaan	6	5	30	1	30
10	Poliklinik	10	5	50	1	50
11	Toilet	4	4	16	9	144
12	Ruang Kontrol	8	5	40	1	40
13	Kantor Pusat Divisi Teknik	25	15	375	1	375
14	Kantor Pusat Divisi Produksi	25	15	375	1	375
15	Kantin	15	5	75	1	75
16	Laboratorium	20	20	400	1	400
17	Area Proses Produksi	100	200	20.000	1	20.000
18	Garasi	10	6	60	1	60
19	Bengkel	10	6	60	1	60
20	Storage NH ₃	10	8	80	1	80
21	Storage CO ₂	10	8	80	1	80
22	Gudang Bahan Bakar	20	20	400	1	400
23	<i>Industrial Safety dan Pemadam Kebakaran</i>	15	10	150	1	150
24	Timbangan Truk	10	8	75	1	75
25	Area Utilitas	25	40	1.000	1	1.000

26	Unit Granulation	15	30	450	1	450	4.844
27	Pengolahan Air	50	60	3.000	1	3.000	32.292
28	Gudang Bioetanol	25	30	750	1	750	8.073
29	Cooling Tower	50	50	2.500	1	2.500	26.910
30	<i>Area Waste Water Treatment</i>	50	30	1.500	1	1.500	16.146
31	Area Perluasan Pabrik	100	70	7.000	1	7.000	75.347
32	Halaman dan Jalan			9.000	1	9.000	96.875
Total					45	49.345	531.145



Gambar 9.2.1. *Plant Lay Out* Pra Rencana Pabrik Bioetanol

Keterangan :

1. Pos Keamanan
2. Taman
3. Parkir Tamu
4. Parkir Karyawan
5. Lobi
6. *Main Office Building A* (Kantor Pusat Divisi *Marketing* dan Divisi Keuangan)
7. *Main Office Building B* (Kantor Pusat Divisi Administrasi dan Divisi *Human Resources Management*)
8. Musholla
9. Perpustakaan
10. Poliklinik
11. Toilet
12. Ruang Kontrol
13. Kantor Pusat Divisi Teknik
14. Kantor Pusat Divisi Produksi
15. Kantin
16. Laboratorium
17. Area Proses Produksi
18. Garasi
19. Bengkel
20. Storage NH₃
21. Storage CO₂
22. Gudang Bahan Bakar
23. *Industrial Safety* dan Pemadam Kebakaran
24. Timbangan Truk
25. Area Utilitas
26. Unit granulation
27. Pengolahan Air
28. Gudang Bioetanol
29. Cooling Tower
30. *Area Waste Water Treatment*

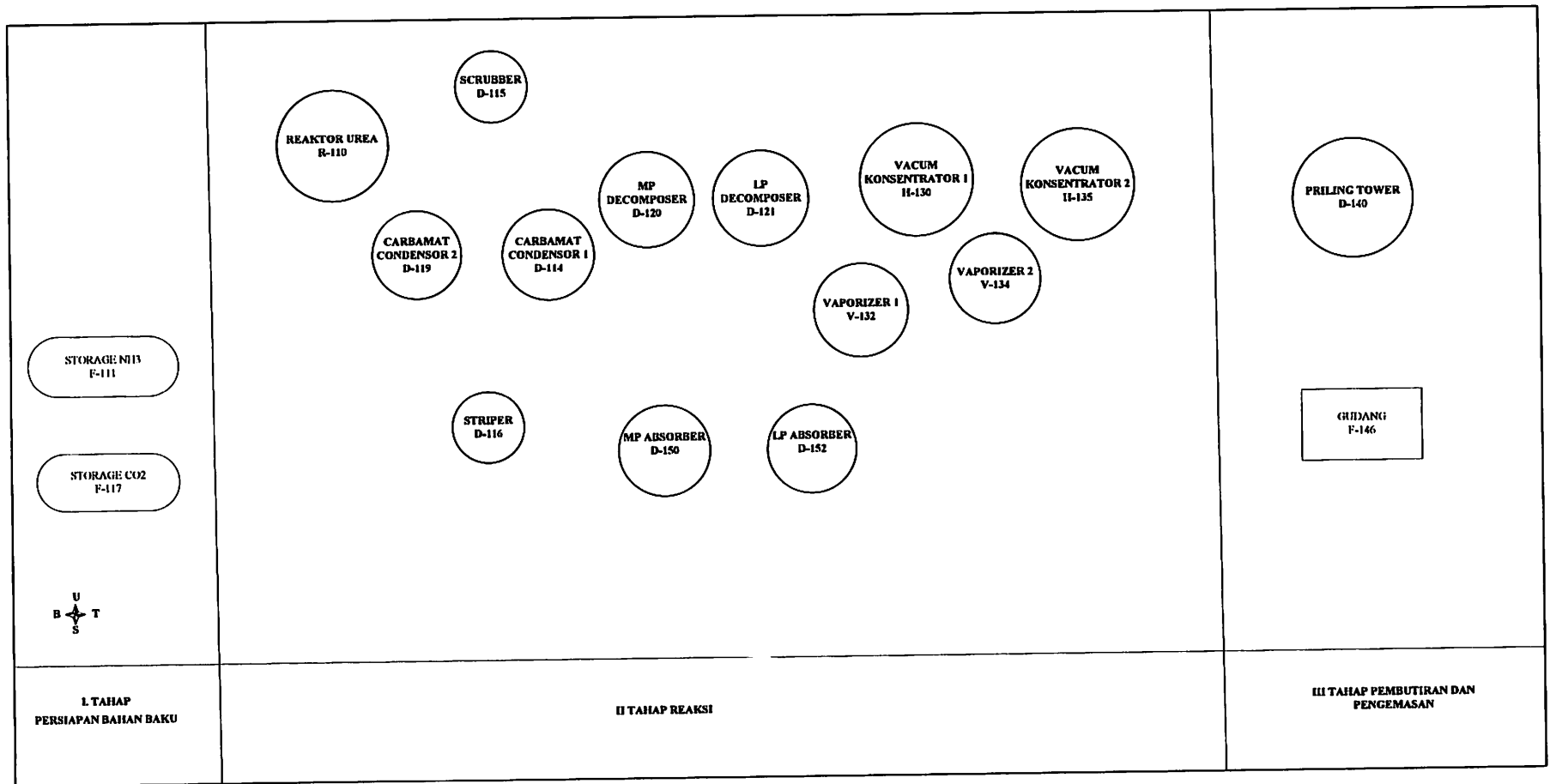
31. Area Perluasan Pabrik
32. Halaman dan Jalan

9.2.2. Tata Letak Peralatan Pabrik

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan di pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage, dan *material handling* yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak dari peralatan perlu diperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain :

- a. Pengaturan jarak antara peralatan proses yang satu dengan yang lainnya sehingga mempermudah pengontrolan peralatan.
- b. Pengaturan sistem yang ada pada tempat yang tepat agar tidak mengganggu aktifitas kerja serta pemberian warna yang jelas pada aliran proses.
- c. Peletakkan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau.
- d. Peletakkan alat kontrol sehingga mudah diawasi oleh operator.
- e. Peralatan diusahakan tersusun berurutan sehingga memudahkan pemeriksaan dan pengawasan.
- f. Ruang harus cukup untuk peralatan.
- g. Bila sekiranya ada alat yang diletakkan diatas maka dapat disusun sesuai dengan prosesnya.

Gambar tataletak peralatan proses Pra rencana Pabrik Bioetanol dapat dilihat pada gambar 9.2.2. berikut ini :



Gambar 9.2.2. *Equipment Lay Out* Pra Rencana Pabrik Bioetanol

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang tinggi, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai alat pelaksana.

Elemen dasar itu terdiri dari :

- a. Manusia (man)
- b. Bahan (material)
- c. Mesin (machine)
- d. Metode (methode)
- e. Uang (money)
- f. Pasar (market)



Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

10.1. Dasar Perusahaan

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi Pabrik	: Lamongan, Jawa Timur
Kapasitas Produksi	: 13000 Ton/Tahun
Status Perusahaan	: Swasta Nasional
Modal	: Penanaman Modal Dalam Negeri

10.2. Bentuk Perusahaan

Pabrik bioetanol ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

- a. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.

- b. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan semua pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
- c. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membeli modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
- d. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.
- e. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

10.3. Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang direncanakan dalam pra desain pabrik ini adalah garis dan staf, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian sistem ini adalah:

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik
- Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
- Pimpinan tertinggi dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan nasihat dan saran kepada direktur.
- Terdapat dua komponen utama dalam organisasi garis dan staf, yaitu :
 - Pimpinan
 - Tugas pimpinan secara garis besar adalah :
 - a. Membuat rencana kerja yang terperinci dengan koordinasi para staff.
 - b. Melakukan pengawasan pelaksanaan kerja dari berbagai bagian dalam pabrik.

- c. Meninjau secara teratur pelaksanaan pekerjaan di tiap-tiap bagian dan memberikan bimbingan serta petunjuk di dalam pelaksanaan pekerjaan.
- d. Melaporkan kepada direksi tentang hal-hal yang terkait dengan pengelolaan pabrik.
- e. Mewakili pabrik dalam perundingan dengan pihak lain.

➤ **Staf (Pembantu Pimpinan)**

- Suatu badan yang terdiri dari para tenaga ahli yang membantu pemimpin dan yang menjalankan kebijaksanaan perusahaan.
- Staf merupakan suatu tim yang utuh dan saling membantu dan saling membutuhkan, setiap permasalahan yang ada dipecahkan secara bersama.

Macam-macam staf antara lain :

a. **Staf Koordinasi**

Biasanya disebut staf umum, yaitu kelompok staf yang membantu pimpinan dalam perencanaan dan pengawasan, juga setiap saat memberikan nasehat kepada pimpinan baik diminta maupun tidak.

b. **Staf Teknik**

Biasanya disebut staf khusus, yaitu kelompok staf yang memberikan pelayanan jasa kepada komponen pelaksana untuk melancarkan tugas pabrik.

c. **Staf Ahli**

Staf ini terdiri dari para ahli dalam bidang yang diperlukan oleh pabrik untuk membantu direktur dalam penelitian.

10.4. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab (Job Description)

10.4.1. Pemegang saham

Merupakan beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan dimana jumlah yang dimiliki, tergantung/terbatas sesuai dengan besarnya modal saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Kekuasaan tertinggi terletak pada pemegang saham yang memilih direktur dan dewan komisaris dalam rapat umum pemegang saham (RUPS) serta menentukan gaji direktur tersebut.

Pada rapat umum tersebut, para pemegang saham :

- a) Memilih, mengangkat dan memberhentikan pimpinan perusahaan.
- b) Mengesahkan rencana kerja, rencana dan perhitungan laba rugi dalam setahun
- c) Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
- d) Mengadakan rapat umum sedikitnya setahun sekali

10.4.2. Dewan Komisaris

Merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Dewan komisaris bertindak sebagai wakil dan pemegang saham. Komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam/oleh RUP apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar dari perseroa tersebut.

Dewan komisaris pada umumnya dipilih dalam RUPS dari kalangan pemegang saham yang mempunyai saham terbanyak dari perseroan tersebut.

Tugas dewan komisaris :

- a) menentukan kebijaksanaan perusahaan.
- b) Mengadakan evaluasi/pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan.
- c) Memberikan nasihat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.
- d) Menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.

10.4.3. Direktur Utama

Merupakan pimpinan eksekutif tertinggi dalam perusahaan dan dalam tugasnya sehari-hari dibantu oleh direktur teknik dan direktur administrasi.

Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- melaksanakan policy perusahaan dan mempertanggungjawabkan pada pemegang saham pada masa akhir jabatannya.
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
- Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- Mengkoordinir kerjasama dengan direktur produksi, direktur keuangan dan umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain :

- Bertanggung jawab pada direktur utama pada bidang produksi, teknik dan pemasaran.
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Keuangan dan Umum antara lain :

- bertanggung jawab kepada Direktur Utama dan bidang keuangan serta pelayanan umum.
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

10.4.4 Wakil Direktur Utama

Wakil direktur utama dalam kesehariannya adalah merupakan pelaksana tugas direktur utama secara langsung dilapangan dan sebagai penanggung jawab dalam pelaksanaan setiap keputusan dan kebijakan yang telah di putuskan oleh direktur utama. Adapun tugas wakil direktur utama adalah sebagai berikut :

1. Melaksanakan dan mengawasi secara langsung setiap ketetapan strategi, rumusan rencana kerja perusahaan dan cara-cara pelaksanaannya.
2. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
3. Mengkoordinasi kerjasama antara direktur teknik dan produksi dengan direktur administrasi dan operasional.
4. Mengangkat dan memberhentikan staff perusahaan dengan mengajukan keputusan tersebut kepada direktur utama.
5. Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan untuk selajutnya dilaporkan kepada direktur utama.
6. Mengevaluasi hasil kerja setiap departemen bersama direktur utama guna peningkatan kerja dikemudian hari.
7. Melaporkan dan mempertanggungjawabkan kepada direktur utama segala hal yang berkaitan dengan operasional perusahaan.

10.4.5. Manager

Merupakan orang yang memanager orang-orang agar mau bekerja sesuai dengan yang dikehendaki. Manager terdiri dari :

a. Plant Manager

- Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi
- Mengkoordinir dan megawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro
- Melakukan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur

b. Office Manager

- Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi
- Mengkoordinir dan megawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro.
- Melakukan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur

10.4.6. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoodinir, mengatur da mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian produksi membawahi :

- Seksi Proses
 - Mengawasi jalannya proses dan produksi.
 - Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
- Seksi Pengendalian

Mengawasi hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.
- Seksi Laboratorium
 - Mengawasi dan menganalisa mutu serta bahan pembuatan
 - Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
 - Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik
 - Membuat laporan berkala kepada Biro Produksi
- Seksi Utilitas

Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga listrik

b. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

Kepala Bagian Pemasaran membawahi :

- Seksi Pembelian
 - Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan pemasaran
 - Mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang
- Seksi Pemasaran
 - Merencanakan strategi hasil produksi
 - Mengatur distribusi hasil produksi dan gudang

c. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang peralatan

Kepala Bagian Teknik membawahi :

- Seksi Pemeliharaan
Melaksanakan pemeliharaan dan memperbaiki fasilitas gedung dan peralatan proses.
- Seksi Perawatan
Bertugas untuk erawat, memelihara gedung, taman, dan peralatan proses termasuk utilitas serta bertugas dalam memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi.
- Seksi K₃
Bertugas untuk mengatur dan mengawasi semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja, memberikan pelatihan keselamatan kerja.

d. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab untuk merencanakan dan mengawasi keluar masuknya arus uang dari perusahaan. Seksi-seksi yang dibawahnya meliputi :

- Seksi Administrasi
Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.
- Seksi Kas

Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengatur uang dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan

e. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang personalia hubungan masyarakat dan keamanan.

- Seksi Personalia
 - Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antar pekerja dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
 - Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi untuk menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis
- Seksi Keamanan
 - Menjaga semua bagian pabrik dan fasilitas perusahaan
 - Mengawasi keluar masuknya orang-orang bahkan karyawan maupun bukan karyawan dilingkungan perusahaan
- Seksi Humas

Mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah

10.4.7. Litbang

Research and Development terdiri atas ahli-ahli sebagai pembantu direktur dan bertanggung jawab kepada direktur.

Research and Development membawahi dua departemen :

- Departemen Pemeliharaan
- Departemen Pengembangan

Tugas dan wewenang :

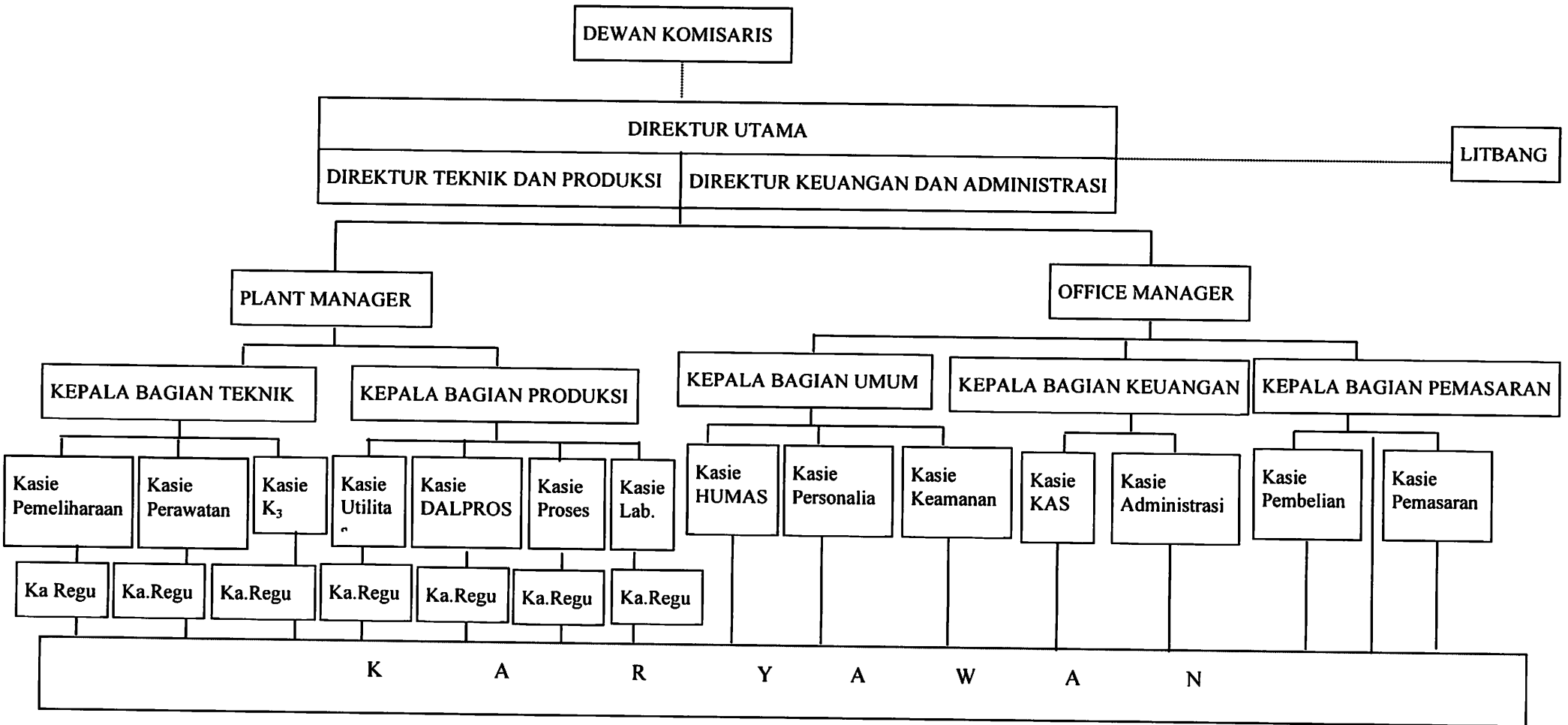
- Mempelajari mutu produk
- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembang produksi
- Mengadakan penelitian pemasaran produk kesuatu tempat
- Mempertinggi efisiensi kerja

10.4.8. Kepala Regu

Kepala Regu adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur para Kepala Seksi masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap Kepala Regu bertanggung jawab terhadap kepala seksi masing-masing sesuai dengan seksinya.

Struktur organisasi pra rencana pabrik Bioetanol dapat dilihat pada Gambar

10.1



Gambar 10.1. Struktur Organisasi

10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdiannya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya.
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan su keterangan dokter.
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

10.6. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik Bioetanol ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 13.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

- Shift I : 07.00 – 15.00
- Shift II : 15.00 – 23.00
- Shift III : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

R E G U	HARI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.7. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik Bioetanol (gambar 10.1) yaitu sebagai berikut

1. Direktur Utama : Sarjana Strata 2 Teknik Kimia.
2. Direktur Teknik dan Produksi
3. Direktur Keuangan dan Administrasi
4. Manager
 - a. Plant Manager : Sarjana Teknik Kimia Strata 2.
 - b. Office Manager : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA) Strata 2.
5. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA), T. Kimia, Ekonomi
6. Kepala Bagian
 - a. Bagian Produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Bagian Teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - c. Bagian Keuangan : Sarjana Ekonomi
 - d. Bagian Umum : Sarjana Psikologi Industri



- e. Bagian Pemasaran : Sarjana Ekonomi
7. Kepala Seksi
- a. Seksi Proses : Sarjana Teknik Kimia
- b. Seksi Gudang : Sarjana Teknik Kimia
- c. Seksi Utilitas : Sarjana Teknik Mesin, Teknik Elektro
- d. Seksi Bengkel dan Perawatan : Sarjana Teknik Mesin
- e. Seksi QC. dan Laboratorium : Sarjana Teknik Kimia, Kimia (MIPA)
- f. Seksi Pembelian : Sarjana Ekonomi
- g. Seksi Pemasaran : Sarjana Ekonomi
- h. Seksi Humas : Sarjana Psikologi dan Hukum
- i. Seksi Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
- j. Seksi Keamanan : Diploma / SMU / SMK
- k. Seksi Pengendalian : Sarjana Teknik Mesin, Teknik elektro
- l. Seksi K₃ : Diploma / SMU / SMK
- m. Dokter : Sarjana Kedokteran
8. Karyawan : Sarjana / Diploma / SMU / SMK / SLTP.

10.8. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. Pada pra rencana pabrik Bioetanol ini, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahapan proses, antara lain :

1. Proses Penyiapan Bahan Baku
2. Proses Reaksi
3. Proses Pemisahan
4. Proses Pemurnian
5. Proses Penanganan Produk
6. Proses Penyediaan Utilitas (Steam, Air, Nitrogen Cair, Listrik)

Sehingga proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 6 tahap. Berdasarkan *Vilbrant & Dryen, figure 6.35, page. 235*, diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi 13000 KL/tahun dan beroperasi 330 hari/tahun adalah :

Jumlah karyawan = 22 orang-jam/hari/tahapan

Karena jumlah tahapan proses keseluruhan terbagi dalam 6 tahap, maka:

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 22 \text{ orang-jam/hari/tahapan} \times 6 \text{ tahap} \\ &= 132 \text{ orang-jam/hari} \end{aligned}$$

Direncanakan kegiatan produksi dalam satu hari dilaksanakan dalam 3 *shift* kerja dan masing-masing *shift* adalah 8 jam/hari, maka:

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 360 \text{ orang-jam/hari} : 3 \text{ shift/hari} \\ &= 120 \text{ orang-jam/hari/shift} \end{aligned}$$

Karena setiap karyawan *shift* bekerja selama 8 jam/hari, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 120 \text{ orang-jam/hari} : 8 \text{ jam/hari} \\ &= 15 \text{ orang-hari/shift} \end{aligned}$$

Karena karyawan *shift* terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

Jumlah karyawan proses keseluruhan = 15 orang hari/shift \times 4 regu = 60 orang setiap hari (untuk 4 regu). Sedangkan perincian kebutuhan tenaga kerja yang diperlukan pada pabrik Bioetanol ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 10.8.1. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja.

No.	Jabatan	Jumlah
		karyawan
1.	Dewan Komisaris	3
2.	Direktur utama	1
3.	Dewan Direksi	5
4	Manager	9
5	Supervisor	10
6	Mandor	12
7	Karyawan - Karyawan	
	a. Lulusan S-1	25
	b.Lulusan D-3	30
	c.Lulusan SMU	35
	d.Lulusan SMP	15

8	Dokter	5	
9	Sekretaris	6	
10	Perawat	6	
11	Security	4	
	Total	166	

10.9. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pabrik Bioetanol ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan, dimana pembagian gaji disesuaikan kriteria sebagai berikut:

1. Status kepegawaian dari karyawan yang bersangkutan
2. Tingkat pendidikan.
3. Pengalaman kerja.
4. Tanggung jawab.
5. Kedudukan
6. Keahlian.
7. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Karyawan regular (Karyawan Tetap)

Karyawan regular adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dari dewan direksi dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manager pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

3. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini

menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut dan dibayarkan setelah pekerjaannya selesai.

Adapun besaran upah (gaji) karyawan yang didasarkan pada pertimbangan seperti yang telah diutarakan diatas adalah sebagai berikut :

Tabel 10.9.1. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp/Orang)	Total
1	Dewan Komisaris	5	Rp 5.480.000	Rp 27.400.000
2	Direktur Utama	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
3	Direktur Produksi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
4	Direktur Administrasi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
5	Sekretaris Direktur	3	Rp 3.000.000	Rp 9.000.000
6	Plant Manager	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
7	Office Manager	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
8	Litbang	4	Rp 3.000.000	Rp 12.000.000
9	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
11	Kepala Bagian Umum	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
12	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
13	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
14	Kepala Seksi Perawatan	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
15	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
16	Kepala Seksi K ₃	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
17	Kepala Seksi Proses	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
18	Kepala Seksi Gudang	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
19	Kepala Seksi QC dan Lab	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
20	Kepala Seksi Humas	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
21	Kepala Seksi Personalia	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
22	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
23	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
24	Kepala Seksi Kas	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
25	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
26	Karyawan Administrasi	5	Rp 1.800.000	Rp 9.000.000
27	Karyawan Proses	140	Rp 1.300.000	Rp 182.000.000

28	Karyawan Personalia	4	Rp 1.800.000	Rp
29	Karyawan Humas	4	Rp 1.800.000	Rp
30	Karyawan Keamanan	12	Rp 1.800.000	Rp 21
31	Karyawan Pemasaran	5	Rp 1.800.000	Rp 9
32	Karyawan Keuangan	4	Rp 1.800.000	Rp 7
33	Karyawan Pembelian	3	Rp 1.800.000	Rp 5
34	Karyawan Perpustakaan	2	Rp 1.300.000	Rp 2
35	Karyawan Pengendalian	6	Rp 1.800.000	Rp 10
36	Karyawan Laboratorium	20	Rp 1.800.000	Rp 36
37	Karyawan Kebersihan	4	Rp 1.000.000	Rp 4
38	Dokter	1	Rp 3.000.000	Rp 3
39	Perawat	2	Rp 1.500.000	Rp 3
40	Karyawan Parkir	3	Rp 1.000.000	Rp 3
41	Sopir	1	Rp 1.000.000	Rp 1
Jumlah		250		Rp 482.40

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Perencanaan pendirian suatu pabrik memerlukan beberapa pertimbangan dalam berbagai aspek, salah satu aspek dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik adalah sebagai berikut :

- Laju pengembalian modal / *Return Of Investment* (ROI)
- Lama pengembalian modal / *Pay Out Time* (POT)
- Titik impas / *Break Event Point* (BEP)
- *Net Present Value* (NPV)
- *Internal Rate of Return* (IRR)

Sedangkan untuk menghitung faktor-faktor di atas perlu diadakan penaksiran yang menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses produksi, adapun penjelasan serta perhitungan untuk faktor-faktor tersebut antara lain menyangkut :

11.1. Faktor-faktor Penentu

A. Modal Investasi Total / *Total Capital Investment* (TCI)

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal hingga pabrik siap untuk beroperasi, dimana TCI terdiri dari:

1. *Fixed Capital Investment* (FCI)

Merupakan modal tetap yang dibutuhkan suatu industri yang akan didirikan, adapun yang termasuk *Fixed Capital Investment* (FCI) antara lain :

- a. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :
 - Pembelian alat
 - Instrumentasi dan alat kontrol
 - Instalasi
 - Listrik terpasang
 - Harga tanah
 - Harga bangunan

b. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)

- Teknik dan supervisi
- Biaya konstruksi

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik ya berhubungan dengan laju produksi dan besarnya kapasitas dalam beberapa wak tertentu. Modal kerja terdiri dari :

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai
- f. *Patent and royalty*
- g. Pemeliharaan
- h. Laboratorium

Sehingga :

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{Modal tetap (FCI)} + \text{Modal kerja (WCI)}$$

B. Biaya produksi / *Total Production Cost (TPC)*

Biaya produksi total adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu. Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :
 - Biaya produksi langsung / *Direct Production Cost (DPC)*
 - Biaya tetap / *Fixed Charges (FC)*
 - Biaya *overhead* pabrik / *Plant Overhead Cost*
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
 - Biaya administrasi
 - Biaya distribusi
 - Litbang
 - Bunga

Sehingga :

Total Production Cost(TPC) = *Manufacturing Cost* (MC) + *General Expenses*(GE)

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

a. Biaya variabel (*Variable Cost = VC*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung. Biaya variabel terdiri :

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengemasan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung. Biaya semi variabel terdiri dari :

- Biaya Umum (GE)
- *Plant overhead*
- Penyediaan operasi
- Perawatan dan pemeliharaan
- Gaji karyawan
- Biaya laboratorium
- Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Cost = FC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Biaya tetap terdiri dari :

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

11.2. Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga

alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen de harga sekarang.

Harga alat pada Pra Rencana Pabrik Urea ini didasarkan pada data harga alat y. terdapat pada literatur Peters and Klaus D. Timmerhaus, Gael D. Ulrich (www.matche.com. Untuk menaksir harga alat pada tahun 2015, maka digunak persamaan sebagai berikut :

$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{\text{Nilai indeks tahun terhitung}}{\text{Nilai indeks original}} \times \text{Harga alat original}$$

$$\text{atau } C_x = C_k \times \frac{I_x}{I_k}$$

(Peters and Klaus D. Timmerhaus, edisi 4. hal.164

Dimana :

C_x = Taksiran harga alat pada tahun 2015

C_k = Taksiran harga alat pada tahun basis (2007)

I_x = Indeks harga pada tahun 2015

I_k = Indeks harga pada tahun basis (2007)

Untuk menaksir harga alat yang sama dengan kapasitas berbeda digunakan persamaan :

$$V_A = V_B \left(\frac{C_A}{C_B} \right)^n$$

(Peters and Klaus D. Timmerhaus, edisi 4, hal. 169)

Dimana :

V_A = Harga alat A

V_B = Harga alat B

C_A = Kapasitas alat A

C_B = Kapasitas alat B

n = eksponen harga alat (Peters and Klaus D. Timmerhaus, edisi 4, hal. 170)

11.3. Penentuan *Total Capital Investment (TCI)*

A. Biaya langsung (*Direct Cost / DC*)

Harga Peralatan	E	Rp	607.930.910.861,45
Instrumentasi dan kontrol	13% E	Rp	79.031.018.411,99

Instalasi	40% E	Rp	243.172.364.344,58
Listrik terpasang	5% E	Rp	30.396.545.543,07
Harga tanah		Rp	14.803.500.000,00
Harga bangunan		Rp	24.446.250.000,00
Total Direct Cost (DC)		Rp	999.780.589.161,09

B. Biaya Tak langsung (*Indirect Cost / IC*)

Engineering dan supervisi	33% E	Rp	200.617.200.584,28
Biaya Konstruksi	41% E	Rp	249.251.673.453,20
Total Indirect Cost (IC)		Rp	449.868.874.037,47

C. Total Plant Cost (TPC)

Total Plant Cost	DC + IC	Rp	1.449.649.463.199
Biaya tak terduga	1% TPC	Rp	14.496.494.632
Biaya kontraktor	5% TPC	Rp	72.482.473.159,93
Total FCI		Rp	1.536.628.430.990,48

D. Modal Kerja (*Working Capital Investment / WCI*)

$$WCI = 15\% \times TCI$$

$$TCI = FCI + WCI$$

$$= \text{Rp. } 1.536.628.430.990,48 + (15\% \times TCI)$$

$$= \text{Rp. } \mathbf{1.807.798.154.106,45}$$

Modal yang digunakan terdiri atas :

a. Modal sendiri (60% FCI) = Rp. 921.977.058.594,29

b. Modal Pinjaman Bank (40% FCI) = Rp. 614.651.372.396,19

Penentuan Total Production Cost (TPC)



A. Manufacturing Cost (MC)

1. Biaya produksi langsung (DPC)

Bahan baku (1 tahun)		Rp	475.005.960.000,00
Tenaga kerja	TK	Rp	5.788.800.000,00
Biaya utilitas		Rp	17.349.845.236,97
Maintenance dan perbaikan	4% FCI	Rp	61.465.137.239,62
Penyediaan bahan	1% FCI	Rp	7.683.142.154,95
Biaya laboratorium	10% TK	Rp	578.880.000,00
Biaya Supervisi	10% TK	Rp	578.880.000,00
Produk dan Royalti	1% TPC	Rp	13.552.934.610,29
Total Biaya Produksi Langsung		Rp	582.003.579.241,83

2. Biaya produksi tetap (FC)

Depresiasi alat	10% FCI	Rp	153.662.843.099,05
Pajak	3% FCI	Rp	46.098.852.929,71
Asuransi	1% FCI	Rp	7.683.142.154,95
Bunga	12.5% MPB	Rp	76.831.421.549,52
Depresiasi bangunan	2% Bgnan	Rp	488.925.000,00
Total Fixed Charge (FC)		Rp	284.765.184.733,24

B. Biaya Overhead Pabrik

Biaya overhead pabrik = Rp. 144.964.946.319,86

C. General Expenses (GE)

Biaya administrasi	2,5% TK	Rp	144.720.000,00
Biaya distribusi & pemasaran	10% TPC	Rp	135.529.346.102,91
Biaya R & D	2% TPC	Rp	27.105.869.220,58

Bunga	10% TCI	Rp 180.779.815.410,65
Total Biaya Pengeluaran Umum		Rp 343.559.750.734,13

D. Biaya Produksi Total (TPC)

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{Manufacturing Cost} + \text{Biaya Pengeluaran Umum} \\
 &= \text{Rp. } 1.011.733.710.294,93 + \text{Rp. } 343.559.750.734,13 \\
 &= \text{Rp. } 1.355.293.461.029,06
 \end{aligned}$$

11.5. Penentuan Harga Jual Produk

Laba perusahaan yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp. } 2.100.000.672.000,00$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya Produksi} \\
 &= \text{Rp. } 2.100.000.672.000 - \text{Rp. } 1.355.293.461.029,06 \\
 &= \text{Rp. } 744.707.210.970,9400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pajak penghasilan} &= 30 \% \times \text{Laba kotor} \\
 &= 30 \% \times \text{Rp. } 744.707.210.970,9400 \\
 &= \text{Rp. } 223.412.163.291,28
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laba bersih} &= \text{Laba kotor} \times (1 - \% \text{ pajak}) \\
 &= \text{Rp. } 744.707.210.970,9400 \times (1 - 30\%) \\
 &= \text{Rp. } 521.295.047.679,66
 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_A) :

$$\begin{aligned}
 C_A &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\
 &= \text{Rp. } 521.295.047.679,66 + \text{Rp. } 153.662.843.099,05 \\
 &= \text{Rp. } 674.957.890.778,71
 \end{aligned}$$

11.6. Menghitung Penilaian Investasi

A. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time / POT*)

Waktu Pengembalian Modal / *Pay Out Time* (POT) adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{FCI}}{\text{cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{1.536.628.430.990,48}{674.957.890.778,71} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 2,28 \text{ tahun} \end{aligned}$$

B. Laju Pengembalian Modal (*Rate of Investment / ROI*)

Laju pengembalian modal / *Rate of Investment* (ROI) adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

ROI sebelum pajak:

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{744.707.210.970,9400}{1.536.628.430.990,48} \times 100\% \\ &= 48,46\% \end{aligned}$$

ROI setelah pajak:

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{521.295.047.679,66}{1.536.628.430.990,48} \times 100\% \\ &= 33,9\% \end{aligned}$$

(Vilbrant and Drydent, hal 254)

C. Titik Impas / *Break Event Point (BEP)*

BEP adalah titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut, maka pabrik itu tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

SVC (biaya semi variabel) :

Biaya Umum (GE)	Rp. 343.559.750.734,13
-----------------	------------------------

Biaya overhead	Rp. 144.964.946.319,86
Penyediaan operasi	Rp. 135.529.346.102,91
Biaya laboratorium	Rp. 27.105.869.220,58
Gaji karyawan langsung	Rp. 5.788.800.000,00
Supervisi	Rp. 578.880.000,00
Perawatan dan Pemeliharaan	Rp. 61.465.137.239,62
Total Biaya Semi Variabe (SVC)	Rp. 718.992.729.617,10

VC (biaya produksi) :

Bahan baku 1 tahun	Rp. 475.005.960.000,00
Biaya utilitas 1 tahun	Rp. 17.349.845.236,97
Biaya pengemasan 1 tahun	Rp. 4.500.001.440,00
Total Biaya Variabe (VC)	Rp. 496.855.806.676,97

FC (biaya produksi tetap) = Rp. 284.765.184.733,24

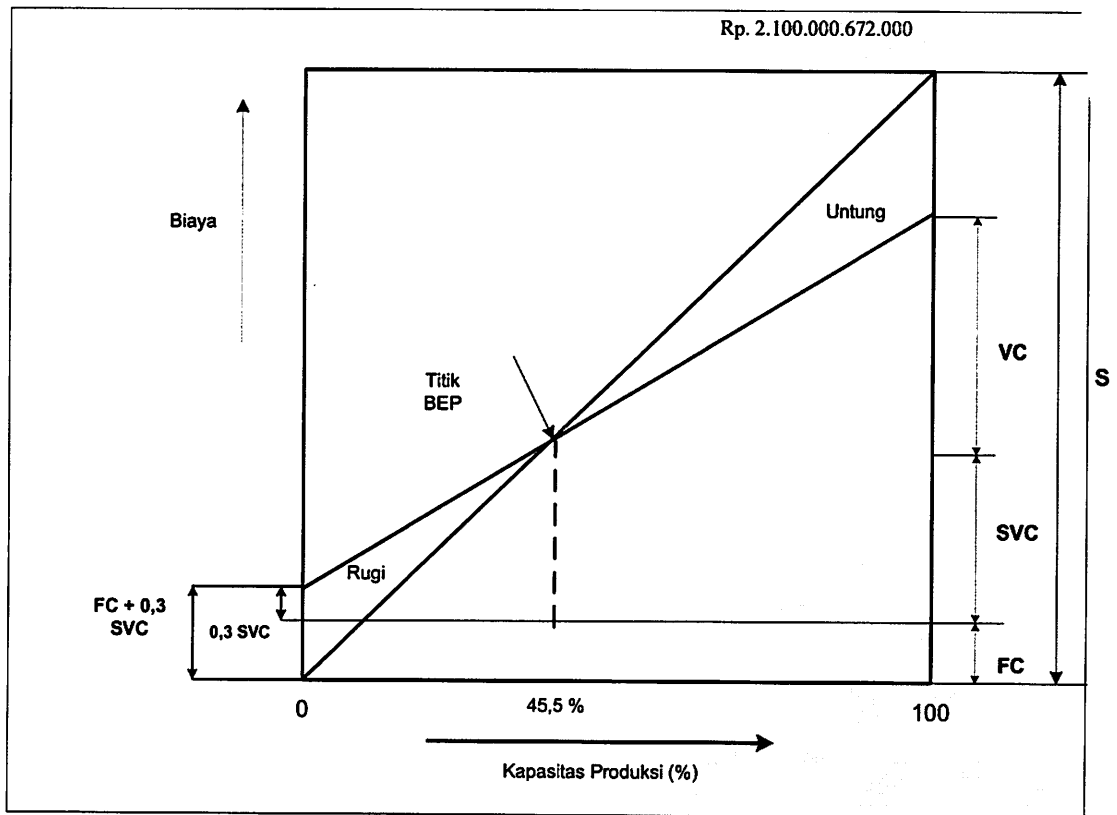
S (harga jual) = Rp. 2.100.000.672.000,00

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

$$= 45,5 \%$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 45,5 % × 300.000 ton/tahun

$$= 136.508,53 \text{ ton/tahun}$$



Gambar 11.1. Break Event Point Pra Rencana Pabrik Urea

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 65% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{P_{Bi}}{P_B} = \frac{(\text{00} - \text{BEP}) \times (\text{00} - \% \text{kapasitas})}{(\text{00} - \text{BEP})}$$

Dimana :

P_{Bi} = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

P_B = keuntungan pada kapasitas 100%

%Kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{P_{Bi}}{521.295.047.679,66} = \frac{(\text{00} - 45,52) \times (\text{00} - 65)}{(\text{00} - 45,52)}$$

P_{Bi} = Rp. 186.500.943.877,43

Sehingga *cash flow* setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

C_A = Laba bersih tahun pertama + depresiasi

= Rp. 186.500.943.877,43 + Rp. 153.662.843.099,05

= Rp. 340.163.786.976,47

D. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 19,61\% \end{aligned}$$

Titik *shut down point* terjadi pada kapasitas :

$$\begin{aligned} &= 19,61\% \times 300.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 58.834,7032 \text{ ton/tahun.} \end{aligned}$$

E. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah-langkah menghitung NPV :

Menghitung C_{A0} (tahun ke - 0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\ &= 40\% \times \text{Rp. } 1.536.628.430.990,48 \times (1 + 0,125)^2 \\ &= \text{Rp. } 777.918.143.188,93 \\ C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^1 \\ &= 60\% \times \text{Rp. } 1.536.628.430.990,48 \times (1 + 0,125)^1 \\ &= \text{Rp. } 1.037.224.190.918,57 \\ C_{A0} &= - (C_{A-1} + C_{A-2}) \\ &= - (\text{Rp. } 1.037.224.190.918,57 + \text{Rp. } 777.918.143.188,93) \\ &= \text{Rp. } -1.815.142.334.107,51 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun :

$$\text{NPV} = C_A \cdot F_d$$

Dimana :

$$F_d = \text{faktor diskon} = 1 / (1 + i)^n$$

i = tingkat bunga

C_A = *cash flow* setelah pajak

n = tahun ke-n

Tabel 11.1. *Cash flow* untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke-	Cash Flow (C _A) (Rp.)	Fd i = 12,50%	NPV (Rp.)
0	-1.815.142.334.107,51	1	-1.815.142.334.107,51
1	340.163.786.976,47	0,8889	302.367.810.645,75
2	531.474.703.434,89	0,7901	419.930.629.874,48
3	674.957.890.778,71	0,7023	474.044.499.422,08
4	674.957.890.778,71	0,6243	421.372.888.375,18
5	674.957.890.778,71	0,5549	374.553.678.555,72
6	674.957.890.778,71	0,4933	332.936.603.160,64
7	674.957.890.778,71	0,4385	295.943.647.253,90
8	674.957.890.778,71	0,3897	263.061.019.781,25
9	674.957.890.778,71	0,3464	233.832.017.583,33
10	674.957.890.778,71	0,3079	207.850.682.296,29
WCI			271.169.723.115,97
Total			1.781.920.865.957,09

Karena harga NPV = (+) maka pra rencana pabrik urea layak untuk didirikan.

F. *Internal Rate Of Return (IRR)*

Metode ini menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan kas bersih yang akan datang.

Tabel 11.2. *Cash Flow* untuk IRR

Tahun ke-	Cash Flow (C _A) (Rp.)	NPV i = 12,50%	NPV i = 13,10%
0	-1.815.142.334.107,51	-1.815.142.334.107,51	-1.815.142.334.107,51
1	340.163.786.976,47	302.367.810.645,75	300.769.077.212,63
2	531.474.703.434,89	419.930.629.874,48	415.501.704.215,49
3	674.957.890.778,71	474.044.499.422,08	466.564.827.228,88

4	674.957.890.778,71	421.372.888.375,18	412.531.486.060,88
5	674.957.890.778,71	374.553.678.555,72	364.755.800.394,09
6	674.957.890.778,71	332.936.603.160,64	322.513.064.860,93
7	674.957.890.778,71	295.943.647.253,90	285.162.502.950,23
8	674.957.890.778,71	263.061.019.781,25	252.137.547.122,02
9	674.957.890.778,71	233.832.017.583,33	222.937.244.592,10
10	674.957.890.778,71	207.850.682.296,29	197.118.658.421,24
WCI		271.169.723.115,97	271.169.723.115,97
Total		1.781.920.865.957,09	1.696.019.302.066,95

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\
 &= 12,5 \% + \frac{1.780.267.394.322,92}{1.780.267.394.322,92 + 1.694.406.421.988,31} \times (13,10 \% - 12,50\%) \\
 &= 24,90 \%
 \end{aligned}$$

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (12,50%), maka pra rencana pabrik urea layak untuk didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Bahan baku yang digunakan untuk proses produksi bioetanol ini adalah jerami padi, karena selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal oleh penduduk. Sedangkan proses yang digunakan untuk memproduksi bioetanol ini adalah proses hidrolisis dan fermentasi. Pra Rencana Pabrik Bioetanol dari jerami padi ini menghasilkan produk utama yaitu Bioetanol dengan kemurnian 99,97%. Selain itu dihasilkan juga produk samping berupa CO₂ yang masih bernilai ekonomis. Bioetanol digunakan untuk campuran bensin guna memenuhi bahan bakar dari kilang yang semakin sedikit persediaannya. Hasil rancangan pabrik etil alkohol (Bioetanol) ini direncanakan berdiri dan mulai beroperasi pada tahun 2015 di Lamongan 13.000 kL/tahun. Mode Operasi yang diterapkan pada pabrik ini adalah sistem semi batch dengan waktu operasi 330 hari pertahun dan 24 jam perhari dengan menggunakan 8 fermentor. Struktur organisasi yang digunakan adalah tipe garis dan staff dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Pabrik ini mampu menyerap 163 orang tenaga kerja. Ditinjau dari segi ekonomi, pabrik Bioetanol yang direncanakan berumur 10 tahun ini layak didirikan dengan penilaian investasi sebagai berikut :

Total Capital Investment (TCI)	= Rp 3.150.322.899.07,92
Break Event Point (BEP)	= 36,68 %
Pay Out Time (POT)	= 1,95 tahun
Internal Rate Return (IRR)	= 26,71 %
Return of Investment setelah pajak (ROI AT)	= 41,36%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bai, F.W. Anderson, W.A, et all.2007.*Ethanol Fermentation Technologies From Sugar and Starch Feedstocks*. Canada : Science Ditrect
- Balat, Mustafa. Balat, Havva. 2007.*Progress in Bioethanol Processing*. Turkey: University Mahallesi
- Binod, Parameswaran. Sindhu, Raveendan, et all. 2010. *Bioethanol Production From Rice Straw : Overview*. India : National Institute For Interdisciplinary Science and Technology
- Bondini, S. Gostoh, C. 1992. *Ethanol Removal From Fermentation Broth by Gas Membrane Extraction*. Netherlands : Elsevier Science Publisher B.V
- BPS Provinsi Jawa Timur. 2010. *Berita Resmi Statistik*. Surabaya : BPS Jatim
- Brownell, L.E., dan E. H. Young. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Carretier, E. Moulin, Ph . 2003.*Purification And Dehydration of Methylal by Pervaporation*. France : Universite De St Jerome
- Clement, R.Aptel, P. Neel.1965. *Basic Aspects Of Pervaporation*.Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V
- Geankoplis, C. J.. 2002. *Transport of Unit Operation 3rd ed.*. USA: Allyn and Bacon, Co.
- Guan, Huai-Min. Chung, Tai-Shung, et all. 2005.*Poly(Vinyl Alcohol) Multilayer Mixed Matrix Membrane For The Dehydration of Ethanol-Water Mixture*. Singapore: Department of Chemical and Biomoluculer Engineering
- Hamelinck, Carlo. Van Hooijdonk, et all .2003. *Prospects For Ethanol From Lignocellulosic Biomass : Techno-Economic Performance As Development Progresses*.Utrecht :Universiteit Utrecht
- Huang Yu. Jennifer Ly. et all. 2010.*Ethanol Dehydration Using Hydrophobic Polymer Membrane*. California : Membrane Technology and Research, Inc
- Jonquieres,Anne. Clement, Robert. et all . 2001. *Industrial State-of-The-Art of Pervaporation and Vapour Permeation in Western Countries*. France : Journal of Membrane Science

- Karim, Makarim. Sumarno. dkk. 2007. *Jerami Padi : Pengelolaan dan Pemanfaatan*. Bogor : Puslitbang Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Karimi, Keikhosro. Emtiazi, Giti. *Ethanol Production From Dilute-Acid Pretreated Straw By Simultaneous Saccharification And Fermentation With Mucor indicus, Rhizopus oryzae, And Saccharomyces cerevisiae.*
- Kirk-Othmer. 1960. *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: Interscience Publisher John Wiley and Sons, Inc.
- Kujawski, W. 2000. *Application of Pervaporation and Vapor Permeation in Environmental Protection*. Poland: Polish Journal of Environmental Studies
- McCabe, W.L., dan J.C. Smith. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering*. Singapura McGraw-Hill International Book Company.
- Mehta, Gurmukh D. 1982. *Comparison Of Membrane Processes With Distillation For Alcohol/Water Separation*. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company
- Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral. 2010. *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta : Kementerian ESDM
- Mulder, M.H.V. Hendrikman, Oude. et al. 1983. *Ethanol-Water Separation By Pervaporation*. Netherlands : Elsevier Science Publisher B.V
- Patzek, Tadeusz W. 2010. *A Probabilistic Analysis of The Switchgrass Ethanol Cycle*. Texas: Department of Petroleum and Geosystems Engineering, The University of Texas
- Perry, J.H.. 1974. *Chemical Engineering Handbook*. Tokyo: McGraw-Hill Book Co.
- Peters, M.S. dan K.D. Timmerhaus. *Plant Design and Economic for Chemical Engineers*. Singapura: McGraw-Hill Book Co.
- Prasad, S. Singh, Anoop. et al. 2006. *Ethanol As An Alternative Fuel From Agricultural, Industrial And Urban Residues*. India : Indian Agriculture Research Institute
- Presiden RI. 2006. *Peraturan Presiden RI : Tentang Kebijakan Energi Nasional*. Jakarta : Presiden RI
- Rachmaniah, O. Krishnanta, A. et al. -. *Acid Hydrolysis Pretreatment of Bagasse-Lignocellulosic Material For Bioethanol Production* Surabaya : Department of Chemical Engineering FTI ITS Surabaya
- Sander, Ulrich. Soukup, Pavel. 1987. *Design of a Pervaporation Plant For Ethanol Dehydration*. Netherlands : Elsevier Science Publisher B.V
- Shaban, H.I. 1997. *Pervaporation Separation of Water From Organic Mixture*. Kuwait: Kuwait University

mith, J.M. dan H.C.Van Ness. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*. New York: Mc.Graw-Hill Book Co., Inc.

Jlrich, G.D.. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Canada: John Wiley and Sons.

Wooley, Robert. Sheehan, John. et all. 1999.*Lignocellulosic Biomass To Ethanol Process Design And Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis And Enzymatic Hydrolisis Current And Futuristic Scenarios*. USA: U.S Department of Energy Laboratory

Xu Weihua. 2001. *Design and Development of A Pervaporation Membrane Separation Module*. Toronto : University of Toronto

<http://www.agromaret.com>

<http://www.aliexpress.com>

<http://www.allbusiness.com>

<http://www.hyfluxmembranes.com>

<http://www.hyfluxmembranes.com>

<http://www.sciencestuff.com>