PRA RENCANA PABRIK

ETANOL (C₂H₅OH) DARI SYNTHETIC GAS (SYNGAS) DENGAN PROSES MIXED ALCOHOL KAPASITAS 250.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA KOLOM DISTILLASI II

SKRIPSI

Disusun Oleh:

RYVAN CHANDRA HADIANTO

07.14.013





JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG 2012

MINITAR AMACHER ANT

ENAVOL (OJE, 981) ISASI SANTAETAV GAS (SANGES) BESVERN FERGES ASTEC ALGARAN KARAZUAR ZEKLORO IOM/TARRIN

ASATU TALA MADRAL MADIN BINGALATION ANDLOW

6341623

SCHOOL PROPERTY.

STOLD TO OTHER AND MANY OF THE

MILIM PERPUSTAKAAM ITH MALANG

> ANGEM AGARET HARLESS. COTTO DAN GOOD MAKEN CLASSIMAA CHALLEN JOHN DURAN POOLAGOOTT TUTTUM CHAR

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

ETANOL (C₂H₅OH) DARI SYNTHETIC GAS (SYNGAS) DENGAN PROSES MIXED ALCOHOL KAPASITAS 250.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA KOLOM DISTILLASI II

SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

RYVAN CHANDRA HADIANTO 07. 14. 010

Malang, 9 Februari 2012

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Malang

Jimmy, ST. MT.

NIP. Y. 103, 9900, 330

Ir. Muyassaroh, MT. NIP V 103 9700 306

PARKETERMES SARREL

建氯化 医复数化分离器 化共轭

ED ANDER OF HER HEART STATISTICS (LEVELS SINGLES) PROVING PROSES SWARELES (COMO) A A PARTICAL COMBS FOR STATISTICS A A PARTICAL COMBS FOR STATISTICS

A PARTO TO LIA MARINAMENTA NO LA REPORTE DE LA CARROLLA DEL CARROLLA DE LA CARROLLA DE LA CARROLLA DEL CARROLLA DE LA CARROLLA

3000 May 1840

कोर उन्हों की विवास का कि उक्त का कुछ के कुछ को कि आक्रिक्स अवस्थित है। इ.स.ची को को स्थान को अस्ति अस्ति के को की अस्ति आक्रिक्स की अस्ति की जिल्ला को अस्ति को को को को को को को को की

. Wille with the fills

SIGNATOR THE ATTACKED THE TANKEN THE TOR

CHIC BOARD FRANCES

CHIEF SHEET

1 14 winter allegat appropriations

gnaine.

Service of the Service

Beech Phartmank.

o de la composición La composición de la

130 dere lanere et un sernela de sur

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa

: RYVAN CHANDRA HADIANTO

NIM

: 07, 14, 013

Jurusan / Program Studi

: TEKNIK KIMIA

Judul Skripsi

: PRA RENCANA PABRIK ETANOL (C2H5OH) DARI

SYNTHETIC GAS (SYNGAS) DENGAN PROSES

MIXED ALCOHOL

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari

: Kamis

Tanggal

: 9 Februari 2012

Nilai

Ketua

Sekertaris

Jimmy, ST. MT.

EKNIK KIMIP

NIP. Y. 103, 9900, 330

M. Istnaeny Hudha, ST. MT.

NIP. P. 103, 0400, 400

Anggota Penguji

Penguji I

Penguji II

Ir. Bambang Susila Hadi

NIP. Y. 103. 9000. 210

Faidliyah Nilna Minah, ST. MT. NIP. P. 103. 0400. 392

NYKIRING YOMNY DIYU KUMBINI - MUMINIYO YOMNY DIYU KUMBINI

Control Missing (SWO)

。2017年2月1日 (1986年2月 17日本) [1]

34.174 34.174 100 m 200 m

Amerikan Merupani Sunda

SUPPLEMENT CONTROL

Strain Strains

THE STATE OF THE S

THE WAY FROM SHAKEN.

a primer en esta e amoquinta espera e estable e lapar que fres que pueblició que tras tras tras e autos e

177

10000

energy street

· 1914年中国第4日。

(A. 2) (B.

•

.....

ge espera

.

Fig. 8. Use once Fell Quantificacións

31. h.mae.v. Haitan, 31. 331.

Assignment Pengali

Lean Butter

· 1888年

in Composity Saulta Data App. 17. 1014, Sauth 1710 Sauth as Nova Mean of 1511. NIV P. 10 Date, 1917.

PERNYATAAN KEASLIAN ISI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : RYVAN CHANDRA HADIANTO

NIM : 07. 14. 013

Jurusan / Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul:

PRA RENCANA PABRIK

ETANOL (C₂H₅OH) DARI SYNTHETIC GAS (SYNGAS)
DENGAN PROSES MIXED ALCOHOL
KAPASITAS 250.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA REAKTOR KONVERSI ETANOL

Adalah Tugas Akhir 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, 9 Februari 2012 Yang membuat penyataan

RYVAN CHANDRA HADIANTO

NEW MARK OF SUIT THE ME. HENNIGHT HALL SAFETY

नवी में के अपूर्वित पहले केन हा बन्दे हैं कर स्वाहित

CHRAND, CROWLINGTON.

Cip 44 the

en Britania (A. Perla, Selan X Altaria)

designated for committee the

en agent i trodistro en traditionen de traditionen de la section de la

Many angless of tayon are to judge asily to 8 alone on the gold of

· 原本人主义类的 经的的 电影的

CONTRACTOR CONTRACTOR

AND STORES AND STREET OF STREET

Acidah Tigur Akhir Madi haya sara madan data ranggaran agilik a rang data dan dan data dalah dalah dalah dalah dalah darah dalah darah dar

Billion of Asia Connections to recommend the lease was present

ORDER WINGS PROVE

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, maka penyusunan skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Etanol (C₂H₅OH) dari Synthetic Gas (Syngas) dengan Proses Mixed Alcohol" dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai syarat guna menempuh ujian sarjana pada jenjang Strata I (S-1) dan diajukan guna memenuhi tugas akhir mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana (Strata-1) Teknik Kimia. Pada kesempatan ini penyusun tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

- 1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- 2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
- 3. Bapak Jimmy,ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Malang.
- 4. Bapak M. Istnaeny Hudha, ST. MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Malang.
- 5. Ibu Ir. Muyassaroh, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
- 6. Bapak Ir. Bambang Susila Hadi selaku Dosen Penguji I.
- 7. Ibu Faidliyah Nilna Minah, ST. MT. selaku Dosen Penguji II.
- 8. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan masukan kepada penyusun.
- 9. Teman-teman angkatan 2007 serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Kami menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir atau Skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik serta saran yang bersifat membangun tetap diharapkan untuk penyempurnaan Laporan Tugas Akhir atau Skripsi ini. Semoga Laporan Tugas Akhir atau Skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak serta rekan-rekan mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Kimia.

Malang, Februari 2012

Penyusun

别点是好高1968年1973年大为

care appearance of another of 1964 and the Most of the configuration of the other figures, approach as a structured assume the configuration of the following and the figure of the figu

I alarah gerike i desej er i ti i takin, darpararran anny itaine maatase tandarile kii jagirsis sandarile i eramul der kii i reseati na rikenken nerita ereat kan maarah man tandajade mele jede hanne anne dala majarika gendada hannesan i tankanken tantani jenadah i gadeparih ere kindar tandari ani i mereja arah sike 4 sanda te sini i tenterik maarah naba datan majarah ani i sini kindarah magan majarah ani ani i mengan majarah m

- and the commence of and a daily a direct a short is a day. The conflict consequent of security
- and out the state many bloom is a substant of the substant of the substant of the substant in the substant of the substant of
- nemeral agalam teleber 1998. Land disessad amagnet mentell udalam DW DR purant menalli 1998. Amagneta beradi 1999.
- Andred Common of the American Andrew States and Andrew States of the American States of the
 - A subsection and make the fitter of the alexaged A of make it.
 - A Harage France Colored and a court of the disgraph and the Annach Colored
 - d lighten to the contraction of the first deserted and left describible aids to be
 - resource a comparament and analysis for a strength and eathers which is the
- gemegett, erverk verst vora derut ging åmlig namen som 1965 mil skynt nekkensminde 7. et helt sektels med a reng erman amaken men kallende k
- communities had, were never him is placed and contains and a compact worked have grade frank?

 Therefore the energy distances the place of a place of the contains and the contains and the containst the containst

ARCHEROLOGI GORAR

t datassis

DAFTAR ISI

LEMBAR 1	PERSETUJUAN	ii		
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI				
PERNYAT	AAN KEASLIAN ISI TUGAS AKHIR	iv		
KATA PEN	NGANTAR	v		
DAFTAR I	SI	vi		
DAFTAR (GAMBAR	vii		
DAFTAR 1	TABEL	viii		
ABSTRAK	SI	ix		
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 I	PUSTAKA			
APPENDI	KS A	APP.A - 1		
APPENDI	KS B	APP.B - 1		
APPENDI	KS C	APP.C - 1		
APPENDIKS D				
	za D	4 DD D 1		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1.1. Tahapan Proses Pembuatan Etanol dengan Proses Homologation	
alcohol	II - 1
Gambar 2.1.2.1. Tahapan Proses Pembuatan Etanol dengan Proses Mixed Alcohol	
Reaction	II - 2
Gambar 9.1.2.1. Peta Lokasi Pabrik Etanol dari Syngas	IX - 8
Gambar 9.2.1.1. Plant Lay Out Pra Rencana Pabrik Etanol dari Syngas	IX - 11
Gambar 9.2.2.1. Equipment Lay Out Pra Rencana Pabrik Etanol dari Syngas	IX - 14
Gambar 10.1. Bagan Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Etanol	X - 23

DAFTAR TABEL

Tabel 1.4.1.1. Kandungan Syngas	I - 4
Tabel 1.5.1. Kapasitas Pabrik Etanol di Indonesia	I - 7
Tabel 1.5.2. Data Proyeksi Konsumsi Etanol sebagai Campuran Premium Tahun	
2005 - 2010	I - 8
Tabel 2.2.1. Seleksi Proses Produksi Etanol dari Syngas	II - 3
Tabel 2.3.2.1. Kondisi Operasi Sintesis Mixed Alcohol	II - 5
Tabel 2.3.2.2. Hasil Performa Reaksi Mixed Alcohol	II - 5
Tabel 7.1.1. Pemasangan Instrumentasi pada Pabrik Etanol dari Syngas	VII - 3
Tabel 7.2.3.1. Tabel Alat Keselamatan Kerja Pabrik Etanol dari Syngas	VII - 8
Tabel 8.1.1.1 Data Kebutuhan Steam	VIII - 5
Tabel 8.1.2.1. Data Kebutuhan Air Pendingin	VIII - 6
Tabel 8.1.3.1. Data Kebutuhan Air Sanitasi	VIII - 7
Tabel 8.5.1. Data Kebutuhan Nitrogen Cair	VIII - 13
Tabel 9.2.1.1. Perincian Luas Bangunan Pabrik	IX - 9
Tabel 10.5.1. Jadwal Kerja Karyawan Shift	X - 14
Tabel 10.7.1. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja	X - 17
Tabel 10.9.1. Daftar Upah (Gaji) Karyawan	X - 21

ABSTRAKSI

Etanol adalah derivat senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil (-OH) dengan rumus molekul C₂H₅OH atau CH₃CH₂OH dan dikenal dengan nama lain etil alkohol. Etanol merupakan senyawa tak berwarna, berbau khas dan mudah larut dalam air maupun dalam senyawa lain. Secara umum etanol digunakan sebagai pelarut, bahan baku industri turunan alkohol, bahan dasar industri farmasi dan campuran bahan bakar untuk kendaraan sesuai dengan kemurniannya. Mengingat pemanfaatan etanol yang beraneka ragam, maka industri etanol mempunyai prospek yang sangat bagus di Indonesia, karena kebutuhan etanol di Indonesia terus mengalami peningkatan dan belum diimbangi dengan kapasitas produksi industri etanol di Indonesia yang hanya berjumlah sekitar 14 industri. Pabrik etanol ini didirikan dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan etanol untuk campuran gasohol 10%, sehingga dapat menurunkan tingkat konsumsi BBM nasional yang merupakan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui serta dapat membuka lapangan kerja baru dan mengurangi tingkat pengangguran. Proses yang digunakan pada pembuatan etanol ini adalah proses mixed alcohols dan sebagai bahan baku menggunakan synthetic gas (syngas).

Pabrik etanol ini direncanakan didirikan di Kecamatan Ilir Timur II, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan dengan kapasitas 250.000 ton/tahun. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, nitrogen cair, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi berbentuk garis dan staff. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI = Rp. 4.468.334.283.290,65; ROI = 13,68 %; IRR = 13,10 %; POT = 2,19 Tahun; BEP = 47,10 %. Menurut analisa ekonomi tersebut dapat disimpukan bahwa pabrik etanol dari *syngas* ini layak untuk didirikan.

Katakunci: Etanol, synthetic gas (syngas), mixed alcohols, gasohol 10%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang sedang mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam segala bidang, salah satu dari perkembangan tersebut adalah perkembangan ekonomi. Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan salah satu faktor paling vital untuk menunjang berjalannya roda perekonomian suatu negara. Saat ini Bahan Bakar Minyak (BBM) selalu mengalami peningkatan permintaan sedangkan cadangan persediaan bahan bakar minyak itu sendiri terus menipis dan lama kelamaan akan habis. Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga harus dicari alternatif lain yang dapat mengurangi pemakaiannya sebagai bahan bakar utama. Pengurangan tersebut dapat dilakukan dengan melakukan modifkasi bahan bakar dengan menambahkan atau mencampurnya dengan bahan tambahan lain sehingga pemakaian dari Bahan Bakar Minyak tersebut dapat terkurangi, salah satu contoh dari bahan tambahan tersebut adalah alkohol. Alkohol merupakan salah satu bahan kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar ataupun campuran dari bahan bakar.

Nama alkohol berasal dari bahasa Arab yaitu al dan kohl yang artinya senyawa mudah menguap. Alkohol adalah derivat senyawa hidrokarbon, yang mempunyai gugus hidroksil (-OH) sehingga dapat dioksidasi atau esterifikasi dan merupakan senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen dengan rumus molekul C₂H₅OH atau CH₃CH₂OH. Dalam dunia industri, alkohol dikenal dengan nama etanol atau etil alkohol. (Rama Prihandana, Dkk. BioEtanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan)

Secara umum Etanol/bio-Etanol dapat digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, campuran bahan bakar untuk kendaraan. Mengingat pemanfaatan Etanol/bio-Etanol yang beraneka ragam, sehingga grade Etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk Etanol/bio-Etanol yang mempunyai grade 90-96,5% vol dapat digunakan pada industri, sedangkan Etanol/bioEtanol yang mempunyai grade 96-99,5% vol dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Besarnya grade Etanol/bioEtanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan harus anhydrous dengan tujuan menghindari terjadinya korosif, sehingga Etanol/bio-Etanol yang digunakan harus mempunyai grade sebesar 99,5-100% vol. (Indyah Nurdyastuti. Teknologi Proses BioEtanol)

Industri Etanol/Bioetanol mempunyai prospek yang sangat bagus di Indonesia, karena kebutuhan etanol di Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal ini tidak diimbangi dengan kapasitas produksi industri etanol di Indonesia, yang hanya berjumlah sekitar 14 industri.

Syngas (synthetic gas) merupakan salah satu bahan yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol, apabila kita mampu mengolahnya menjadi etanol maka kita dapat membuat bahan bakar alternatif (etanol) yang ramah lingkungan karena sifat pembakarannya yang lebih baik daripada bahan bakar fosil lainnya, serta akan mengurangi penggunaan bahan bakar minyak yang saat ini semakin menipis. Hal ini membawa angin baik dalam hal pengurangan tingkat emisi gas karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang menjadi polutan sehingga dapat mengurangi pula pemanasan global yang terjadi saat ini. Pertimbangan lainnya adalah kemajuan teknologi otomotif yang ada di negaranegara barat yang mulai membuat mesin kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar berupa etanol.

Selain itu dengan berdirinya pabrik ini maka diharapkan Indonesia mampu untuk mengantisipasi krisis kebutuhan Bahan Bakar Minyak dan harga minyak dunia yang setiap tahunnya terus meningkat dengan cara menambahkan atau bahkan mengganti dengan etanol yang nantinya akan dihasilkan oleh pabrik ini, serta diharapkan pula Indonesia akan mampu mengurangi ketergantungan terhadap produk luar negeri dimasa yang akan datang. Harapan lain dengan berdirinya pabrik ini maka akan menambah lapangan kerja baru dan selanjutnya akan mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia. Hal ini membuka peluang yang sangat besar untuk mendirikan pabrik etanol dari *syngas* di Indonesia sebagai salah satu upaya untuk pemenuhan kebutuhan etanol khususnya yang diperuntukkan sebagai bahan bakar alternatif.

1.2. Sejarah Perkembangan Industri Etanol dari Syngas

Etanol murni (absolut) dihasilkan pertama kali pada tahun 1796 oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang. Etanol pertama kali dibuat secara sintetik pada tahun 1826 secara terpisah oleh Henry Hennel dari Britania Raya dan S.G. Sérullas dari Perancis. Pada tahun 1828, Michael Faraday berhasil membuat etanol dari hidrasi etilena yang dikatalisis oleh asam. Proses ini mirip dengan proses sintesis etanol industri modern. Etanol telah digunakan sebagai bahan bakar lampu di Amerika Serikat sejak tahun 1840, sejak tahun 1908 otomobil Ford Model T telah dapat dijalankan menggunakan etanol. (http://id.wikipedia.org/wiki/etanol)

Selama ini proses produksi etanol yang paling umum dan banyak digunakan adalah proses hidrasi etilen baik dengan cara direct maupun indirect, selain proses tersebut proses

yang paling lazim dan banyak digunakan dalam produksi etanol saat ini adalah dengan cara fermentasi gula yang dapat dihasilkan dari berbagai jenis karbohidrat baik yang berasal dari pati maupun selulosa. Proses produksi etanol terbaru yang sedang berkembang dan mulai dilakukan oleh perusahaan yang bergerak dibidang produksi etanol adalah dengan menggunakan bahan baku gas sintetis atau sering disebut *Synthetic Gas (Syngas)*. (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 9)

Gas sintetis (syngas) sebagai bahan baku industri etanol di Indonesia belum banyak berkembang. Sedangkan industri etanol yang memanfaatkan gas sintetis (syngas) sebagai bahan baku telah ada di negara Arab Saudi seperti pabrik Hawaiyah yang merupakan milik Saudi Aramco, produsen terbesar di Arab Saudi ini memproduksi 310.000 barel (49.259.000 liter) etanol dan gas alam cair setiap harinya. Negara lainnya yang telah memproduksi etanol dari gas sintetis (syngas) adalah negara Amerika.

1.3. Kegunaan Etanol

Secara garis besar, Etanol dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya menjadi 4 kelompok yaitu:

- 1. Bahan pelarut
- 2. Bahan baku industri
- 3. Bahan bakar
- 4. Bahan kebutuhan rumah sakit dan laboratorium

Etanol (alkohol) mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang antaralain adalah sebagai berikut:

- Sebagai pelarut dan reagensia dalam laboratorium dan industri
- Sebagai bahan baku industri kimia.
- Sebagai bahan kecantikan dan kedokteran
- Sebagai bahan baku (*raw material*) industri kimia, contohnya untuk membuat ratusan senyawa kimia lain (turunan alkohol), seperti asetaldehid, etil asetat, asam asetat, etilene dibromida, glycol, etil klorida, dan etil ester.
- Sebagai bahan bakar
 - Etanol mempunyai nilai kalor (Q): 11618,1 Btu/lb. Sedangkan jika dicampur dengan gasoline dengan presentase 10% etanol dan 90% gasoline (akan menghasilkan produk dengan nama dagang Gasohol) maka akan dihasilkan nilai kalor (Q): 18162,96 Btu/lb. (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 1)

Penggunaan etanol disesuaikan dengan *grade* dan kualitas produk dari etanol itu sendiri. Grade etanol tersebut dibedakan menjadi : (Indyah Nurdyastuti. Teknologi Proses BioEtanol)

- Industrial etanol (90 – 96,5%)

: Keperluan industri dan pelarutan

Fine etanol (96 - 99,5%)

: Keperluan farmasi dan kosmetik

- Anhydrous etanol (99,6 – 100%)

: Bahan bakar (fuel)

1.4. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Sifat-sifat bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etanol ini adalah synthetic gas (syngas) dengan Komposisi Syngas:

Tabel 1.4.1.1. Kandungan syngas

Komponen	% massa
H ₂	7,8
CO ₂	18,1
СО	71,1
H ₂ O	0,3
CH ₄	2,1
C ₂ H ₄	0,5
N ₂	0,1
Total	100

(David Koch, Mixed Alcohol and Syngas Synthesis via Gasification)

Berdasarkan komposisi tersebut terdapat dua komponen yang merupakan reaktan utama dalam reaksi pembentukan etanol dari syngas. Adapun kompenen tersebut antara lain:

1. Hidrogen (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 13)

Sifat Kimia

- Rumus molekul

: H₂

Berat molekul

: 2,0158 g/mol

Sifat Fisik

- Fase

: Gas

- Warna

: Tidak berwarna

- Bau

: Tidak berbau

- Densitas (23,15 K)

: 0,0665 g/mL

- Titik didih

: -252,8 °C

- Titik beku : -259,2 °C

- Suhu kritis : 306,35 °C

- Tekanan kritis : 13 bar

Kapasitas panas (23,15 K): 28,6826 KJ/Kmol.K

2. Carbon Monoksida (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 5)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : CO

- Berat molekul : 28,0101 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Tidak berbau

- Densitas (23,15 K) : 1,0002 g/mL

- Titik didih : -191,5 °C

- Titik beku : -205,1 °C

- Suhu kritis : 406,05 °C

- Tekanan kritis : 35 bar

- Kapasitas panas (23,15 K): 29,5255 KJ/Kmol.K

3. Carbon Dioksida (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 5)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : CO₂

- Berat molekul : 44,01 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Tidak berbau

- Densitas (23,15 K) : 1,7306 g/mL

- Titik didih : - 79 °C

- Titik beku : - 70 °C

- Suhu kritis : 31,1 °C

- Tekanan kritis : 73,83 bar

Kapasitas panas (23,15 K): 36,7967 KJ/Kmol.K



4. Air (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 25)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : H₂O

- Berat molekul : 18,02 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

Warna : Tidak berwarna
Bau : Tidak berbau
Densitas (23,15 K) : 1,0497 g/mL

- Titik didih : 99,98 °C

- Titik beku : 0 °C

- Kapasitas panas (23,15 K): 33,7727 KJ/Kmol.K

5. Metana (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 13)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : CH4

- Berat molekul : 16,042 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

Warna : Tidak berwarnaBau : Tidak berbau

- Densitas (23,15 K) : 0,5320 g/mL

- Titik didih : - 161,6 °C

- Titik beku : - 182,6 °C

- Suhu kritis : - 82,55 °C

- Tekanan kritis : 46 bar

Kapasitas panas (23,15 K): 35,9853 KJ/Kmol.K

6. Etilena (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 9)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : C₂H₄

- Berat molekul : 28,0536 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Tidak berbau

- Densitas (23,15 K) : 0,7434 g/mL - Titik didih : -106,71 °C

- Titik beku : - 169,15 °C

- Suhu kritis : 9,194 °C

- Tekanan kritis : 50,408 bar

- Kapasitas panas (23,15 K): 43,3037 KJ/Kmol.K

7. Nitrogen (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 17)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : N₂

- Berat molekul : 28,0134 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Tidak berbau

- Densitas (23,15 K) : 1,0205 g/mL

- Titik didih : - 196 °C

- Titik beku : -210 °C

- Suhu kritis : - 146,9 °C

- Tekanan kritis : 33,99 bar

- Kapasitas panas (23,15 K): 29,4914 KJ/Kmol.K

8. Katalis Molybdenum Disulfide (MOS2) (http://id.wikipedia.org/wiki/)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : MOS₂

- Berat molekul : 160,07 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Kristal Padat

- Warna : Hitam

- Bau : Tidak berbau

- Densitas : 5,06 g/mL

- Titik leleh : 1185 °C

- Suhu operasi : Sampai 398,889 °C (http://www.readesupersite.org/search/)

9. Nitrogen Cair (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Tecnology, Vol 17)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : N₂

- Berat molekul : 28,0134 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Cair

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Tidak berbau

- Densitas (23,15 K) : 0,967 g/L

- Titik didih : - 196 °C

- Titik beku : -210 °C

- Suhu kritis : - 146,9 °C

- Kapasitas panas (23,15 K): 498,8787 KJ/Kmol.K

1.4.2. Sifat-sifat produk

1. Produk Utama Etanol (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 9)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : C₂H₅OH

- Berat molekul : 46,0682 g/mol

- Kelarutan : Larut sempurna dalam air

Sifat Fisik

- Fase : Cair

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Berbau khas

- Densitas (30 °C) : 0,78075 g/mL

- Titik didih : 78,32 °C

- Titik beku : - 114,1 °C

- Suhu kritis : 789,35 °C

- Tekanan kritis : 63,8 bar

- Kapasitas panas (30 °C) : 66,2586 K

2. Produk Samping Carbon Dioksida (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 5)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : CO₂

- Berat molekul : 44,0095 g/mol

Sifat Fisik

- Fase : Gas

- Warna : Tidak berwarna

- Bau : Tidak berbau

- Densitas :

- Titik didih : -78,5 °C

- Titik beku : -56,6 °C

- Suhu kritis : 577,35 °C

- Tekanan kritis : 73,8 bar

- Kapasitas panas (-120°C) : 29,7278KJ/Kmol.K

3. Produk Samping Metanol (Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 16)

Sifat Kimia

- Rumus molekul : CH₃OH

- Berat molekul : 32,0417g/mol

- Kelarutan : Larut sempurna dalam air

Sifat Fisik

- Fase : Cair

Warna : Tidak berwarnaBau : Tidak berbau

- Densitas : 0,7866 g/mL

- Titik didih : 64,6 °C - Titik beku : -97,7 °C

- Suhu kritis : 785,75 °C

- Tekanan kritis : 81bar

- Kapasitas panas (30 °C) : 43,7911 KJ/Kmol.K

1.5. Perkiraan Kapasitas Produksi

Dalam perencanaan pendirian suatu pabrik dibutuhkan suatu prediksi kapasitas agar produksi yang akan didirikan dapat memenuhi kebutuhan, terutama kebutuhan dalam negeri. Perkiraan kapasitas pabrik dapat ditentukan menurut konsumsi setiap tahun dengan melihat perkembangan industri dalam kurun waktu berikutnya.

Berikut ini adalah data kapasitas produksi pabrik etanol didalam negeri :

Tabel 1.5.1. Kapasitas pabrik etanol di indonesia

No	Nama Pabrik	Produksi (KI/y)	Produksi (Kl/hari)	
1	PT Aneka Kimia Nusantara	5000	15,152	
2	PT Basis Indah	1600	4,848	
3	PT Bukit Manikam Subur Persada	51282	155,400	
4	PT Indo Acidatama Chemical	42000	127,272	
5	PT Madu Baru	6720	20,363	
6	PT Molindo Raya Industrial	10000	30,303	
7	PT Perkebunan Nusantara XI	6000	18,182	
8	PT Rhodia Manyar	11000	33,333	
9	BBTP,BPPT	30	0,091	
10	PT Indo Lampung Distilley	60000	181,818	
11	PT Sampurna	16800	50,909	
12	PT RNI & Choi Biofuel Co.	11200	33.939	
13	PT. Perkebunan Nusantara X	120	0,364	
14	Kanematsu Corporation	30000	90,909	
	Total	251752	762,885	

(http://.slideshare.net/mah3ndr4/indonesia-mandiri*)

(Data diambil dari asian science and technology seminar jakarta march-7-2007)

Saat ini etanol sudah berkembang sebagai campuran bensin. Campuran Etanol dan bensin dengan komposisi 10 %wt etanol disebut gasohol E10. Sehingga Kami mengarahkan tugas Pra Rencana Pabrik ini untuk memenuhi kebutuhan terhadap gasohol E10. Dimana, kami telah mengetahui bahwa kontinuitas penggunaan bahan bakar fosil (fossil fuel) memunculkan paling sedikit dua ancaman serius:

- Faktor ekonomi, berupa jaminan ketersediaan bahan bakar fosil untuk beberapa dekade mendatang, masalah suplai, harga dan fluktuasinya
- 2. Polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan. Polusi yang ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar fosil memiliki dampak langsung maupun tidak langsung kepada derajad kesehatan manusia. Polusi langsung bisa berupa gas-gas berbahaya, seperti CO, NOx, dan UHC (unburn hydrocarbon), juga unsur metalik seperti timbal (Pb). Sedangkan polusi tidak langsung mayoritas berupa pemanasan global. Sehingga diharapkan dengan adanya etanol sebagai bahan campuran pembuatan gasohol

E10 dengan bahan baku gas alam yang mana di Indonesia masih banyak jumlahnya dan sifat pembakarannya yang lebih baik daripada bahan bakar fosil bisa menjadi salah satu solusi terhadap masalah lingkungan dan penyediaan bahan bakar di Indonesia. (http://id.energi.lipi.go.id)

Berikut ini adalah data konsumsi bahan bakar minyak dalam negeri (Juta Kilo Liter):

Tabel 1.5.2. Data proyeksi konsumsi etanol sebagai campuran premium tahun 2005-2010

Tahun	Konsumsi Premium (Juta KiloLiter)	Konsumsi Fuel Grade Ethanol (FGE) untuk Gasohol 10% (Juta KiloLiter)	Tingkat Pertumbuhan (%)
2005	16,050	1,605	-
2006	17,170	1,717	6,523
2007	18,370	1,837	6,532
2008	19,660	1,966	6,562
2009	21,000	2,100	6,381
2010	22,470	2,247	6,542
Rata-rata	19,120	1,912	6,508

Sumber data: Balai Besar Teknologi Pati- BPPT,2006

(http//.distan.pemda-diy.go.id)

FGE: Etanol 99,5 %

Maka perkiraan konsumsi etanol untuk campuran gasohol 10% pada tahun 2015 di Indonesia dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\mathbf{F} = \mathbf{P} \cdot (1+\mathbf{i})^n$$

Dimana:

F: Jumlah yang diperkirakan

P: Data tahun terakhir

i : Rata-rata tingkat pertumbuhan setiap tahun

n: Selisih jangkawaktu pendirian pabrik

$$\mathbf{F} = \mathbf{P} \cdot (1+\mathbf{i})^n$$

 $= 2,247 \cdot (1+0,06508)^5$

= 3,0797 Juta KL/ Tahun

= 3.079.700 KL/Tahun

Maka perkiraan konsumsi etanol untuk bahan pembuatan gasohol E10 seluruh Indonesia tahun 2015 sebesar: 3.079.700 KL/Tahun = 9332,424 KL/hari.

nub a quicherit du com dusan memodori di mona, progranda enquini dinata numa en come di composi, etti sono dellos l'imposta estit lescri redicil redicil arcapiario dina dinde aper, accionente estito estito engranziario di progranda en compositare estitos di compositare estitos de compositare estit

o i ceal à vivil cut i viagan cuitat decjuiur a seconomia lemascard alphaintea ac le firsh. O 1904 to Dang program de le lemas le parte le solute de la la la martin program de la la la firsh.

turigns t . Konggangi Pugi Parado Eduaros . searcheart inspernels वक्षकेत्राचेता स्वरूपनी 1841K; andult Casebul 1946 Similar ! ं राइक्षेत्रीतिकी हो होते । 4.73 translation and 12 m 1) (61,37 1111 600,81 200 000 100 1900 1001 118.0 5363 www.enleff 1871.更有

with fall of the one with contract from primer.

this or promote springers because

of Explorated Court

do e 160 antico ober; e 04 balosar, companso dom l'occar marenel necestare nabel.

i neltrel logales marenen palacengament mescal lacat, masse escablar

in and

- สอดตลีส่องคู่จะทูสอรุ ลัยโซกตรี 🖫 🔻
 - P. C. Harra Laboratorial Confedence
- eurian gauss maiodimetrog malgair successibile 🐵 🧍
 - di dag anhibeng mbasangani fisibeh 🔒 🤊

 - 9800 State + 15 TF2 I
 - 3,6797 Sun KLA Priese
 - andolf 12 (o) with a

nistantiat de como 1995 hedrasig motandonos portos de our forces inomesent monidençados. Partidad 400-000 de 1990 de 1 Dengan mengetahui jumlah kebutuhan etanol pada tahun 2015 dan asumsi bahwa pabrik baru akan mampu memenuhi 10% kebutuhan etanol untuk pembuatan gasohol E10 dalam skala nasional maka kapasitas pabrik baru sebesar :

Kapasitas = $3.079.700 \text{ KL/Tahun} \times 10\%$

Kapasitas = 307.970 KL/Tahun

Kapasitas = $307.970 \text{ KL/Tahun} \times 0,78075 \text{ Kg/L} \times 1 \text{ L/}10^{-3}\text{KL} \times 1 \text{ Ton/}10^{3}\text{Kg}$

Kapasitas = 240.447,578 Ton/Tahun

Maka Kami memutuskan bahwa kapasitas produksi pabrik baru untuk kebutuhan etanol sebagai campuran gasohol E10 yaitu 250.000 Ton/Tahun

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Pertimbangan Pemilihan Proses

Proses umum yang biasanya digunakan dalam pembuatan etanol dari synthesis gas (syngas) ada 2 macam, antara lain adalah:

- 1. Homologation of Alcohols
 - 2. Mixed Alcohol Synthesis Reaction

Uraian singkat mengenai dua macam pembuatan etanol tersebut adalah sebagai berikut :

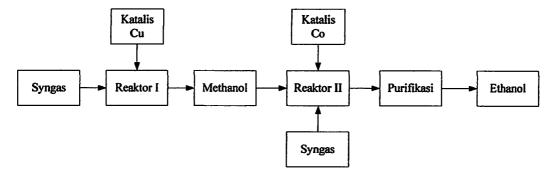
2.1.1. Proses Pembuatan Etanol dengan Homologation of Alkohols

Etanol dapat diproduksi dari reaksi metanol sintetis yang direaksikan kembali dengan karbon monoksida dan hidrogen (*syngas*) dengan menggunakan bantuan katalis cobalt. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow{Cu/CeO_2/SiO_2} CH_3OH_{(l)}$$

$$CH_3OH_{(l)} + CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow{Co(OAc)_2.H_2)/I_2} C_2H_5OH_{(l)} + H_2O_{(l)}$$
(http://www.abc-alternative-energy.de/syngas_etanol_process.html)

Reaksi yang terjadi di atas adalah reaksi eksotermis, reaksi ini dapat berlangsung dengan jumlah rasio molar syngas (CO:H₂) pada kisaran 10:1 dan 1:10, tetapi rasio yang lebih banyak digunakan adalah 3:1 dan 1:3. Reaksi homologasi alkohol membutuhkan tekanan yang relatif cukup tinggi yaitu pada kisaran 2.000-10.000 psi sedangkan untuk temperaturnya terjadi pada kisaran 160-200 °C. Lama reaksi yang terjadi dalam reaksi pembentukan etanol dari metanol ini sangat bervariasi dan semuanya bergantung pada rasio molar syngas, temperatur dan juga tekanan operasi. Tetapi nominal lama reaksi yang terjadi secara umum adalah antara 2 menit hingga 4 jam. Berikut ini adalah blok diagram proses Homologation of Alkohols:



Gambar 2.1.1.1. Tahapan proses pembuatan etanol dengan proses homologation alcohol
(Paul D. Taylor, Dkk, United States Patent, Homologation of Alkanols)

2.1.2. Proses Pembuatan Etanol dengan Mixed Alkohol Synthesis Reaction

Persamaan reaksi yang terjadi untuk proses pembuatan etanol dengan proses Mixed Alcohol Synthesis Reaction adalah sebagai berikut:

$$CO_{(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow{MoS_2} Mixed Alcohols \xrightarrow{separasi} C_2H_5OH_{(1)}$$

Modifikasi katalis Fischer-Tropsch digunakan untuk desain proses ini, khususnya molybdenum-disulfide-based (MoS₂). Katalis khusus ini menggunakan *high surface area* MoS₂ dengan alkali metal salt (potassium carbonat) dan kobalt (CoS₂). Salah satu keuntungan pemakaian katalis ini adalah toleransinya terhadap sulfur.

Secara overall reaksi stoikiometri untuk sintesis alkohol adalah sebagai berikut:

$$nCO_{(g)} + 2nH_{2(g)} \rightarrow C_nH_{2n+1}OH_{(1)} + (n-1)H_2O_{(1)}$$

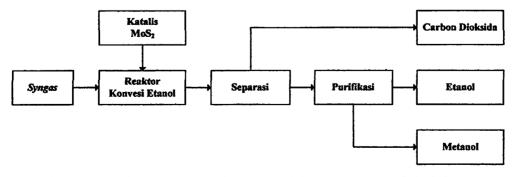
Secara stoikiometri rasio optimum H₂: CO adalah 2:1. Namun, katalis ini menjaga aktivitas signifikan water-gas shift dan akan menggenerasi H₂ dari CO dan H₂O.

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + CO_{2(g)}$$

Ini akan menggeser rasio optimum H₂:CO menjadi mendekati 1 dan juga menggeser *by* product primer dari air menjadi CO₂. Reaksi sintesis etanol ini merupakan reaksi eksotermis dan lebih eksotermis dibanding dengan reaksi sintesis metanol. Adapun tahapan reaksi dari proses pembentuan etanol dari syngas dengan proses mixed alcohol adalah sebagai berikut:

1.
$$2CO$$
 + $4H_2$ \longrightarrow C_2H_5OH + H_2O
2. CO + $2H_2$ \longrightarrow CH_3OH
3. CH_3OH + CO + $2H_2$ \longrightarrow C_2H_5OH + H_2O
4. C_2H_5OH + CO + $2H_2$ \longrightarrow C_3H_7OH + H_2O
5. C_3H_7OH + CO + $2H_2$ \longrightarrow C_4H_9OH + H_2O
6. C_4H_9OH + CO + $2H_2$ \longrightarrow $C_5H_{11}OH$ + H_2O
7. CO + H_2O \longrightarrow H_2 + CO

Berikut ini adalah blok diagram proses mixed alcohols reaction:



Gambar 2.1.2.1. Tahapan proses pembuatan etanol dengan proses mixed alcohol reaction

(S. Phillips, Dkk, Thermo Chemical Etanol via Indirect Gasification and Mixed Alcohol Synthesis of Lignocellulosic

Biomass)

2.2. Seleksi Proses

Sebelum menentukan pemilihan proses yang tepat, maka perlu adanya studi perbandingan dari alternatif proses yang ada, baik secara aspek teknis maupun aspek ekonomis sehingga didapatkan suatu proses produksi yang efektif dan efisien. Kedua proses diatas dibandingkan untuk mendapatkan proses manakah yang paling baik dilakukan dalam perancangan pabrik suatu industri. Oleh karena itu dibuat table perbandingan antara proses Homologation of Alkohols dan Mixed Alkohol Synthesis Reaction seperti pada tabel 2.2.1. sebagai berikut:

Tabel 2.2.1. Seleksi proses produksi etanol dari syngas

No.	Parameter	Homologation of Alkohols	Mixed Alkohol Synthesis Reaction				
•	Aspek Tcknis						
1.	Bahan baku	Syngas	Syngas				
	Kondisi Operasi						
	Suhu reaksi	160 – 200 °C	300 °C				
2.	Tekanan	136,092 – 680,46 atm	68,046 atm				
	Katalis	- Cu - Co	MoS ₂				
	Tahapan proșes	Dua tahap	Satu tahap				
	Aspek Ekonomi						
3.	Biaya operasi	Relative tinggi	Relative lebih rendah				
	Keuntungan	Kurang menguntungkan karena tekanan dan suhu besar	Lebih menguntungkan karena tekanan dan suhu lebih kecil				

Dari uraian tersebut di atas, dapat diketahui kelebihan dan kekurangan masing-masing proses. Dalam seleksi ini, pertimbangan didasarkan pada segala aspek keseluruhan yang lebih menguntungkan. Maka pada proses pembuatan etanol dari *syngas* ini dipilih proses *Mixed Alcohol Synthesis Reaction*, dengan pertimbangan:

- 1. Proses yang dipergunakan lebih mudah karena berjalan satu tahapan pembentukan produk utama.
- Kondisi operasi reaksi relatif lebih rendah sehingga akan memperkecil biaya operasi dan biaya pengadaan alat
- 3. Biaya pengaadaan serta proses regenerasi katalis lebih rendah karena pada proses ini hanya membutuhkan satu jenis katalis saja.

2.3. Uraian Proses

Pabrik etanol dari synthesis gas (syngas) dilaksanakan dalam lima tahapan. Proses produksi etanol yang direncanakan secara garis besar mengacu pada tahapan produksi etanol pada umumnya, antara lain:

- 1. Tahap penyiapan bahan baku
- 2. Tahap reaksi (pembuatan etanol)
- 3. Tahapan pemisahan
- 4. Tahap pemurnian
- 5. Tahapan penanganan produk

2.3.1.Unit penyiapan bahan baku

Pada unit persiapan bahan baku, bahan baku yang berupa syngas disimpan dalam storage syngas (F-111) yang berbentuk spherical tank pada suhu - 250 °C dan tekanan 5 atm. Syngas tersebut kemudian dialirkan dari storage (F-111) untuk kemudian dinaikkan suhunya dengan menggunakan heater (E-112) hingga suhu mencapai 27,17 °C dan kemudian untuk selanjutnya dinaikan kompresi tekanan melalui kompresor (G-113) hingga tekanan mencapai 70 atm dan suhu 300 °C. Setelah suhu dan tekanan yang diinginkan telah tercapai, bahan baku syngas kemudian dialirkan kedalam unit reaksi yaitu reaktor konversi etanol (R-110) dengan jenis multi tube untuk mengalami pereaksian.

2.3.2.Unit reaksi

Unit reaksi mencakup proses sintesa alkohol. Pada unit ini, *syngas* yang telah dipanaskan dan dikompresi hingga mencapai kondisi sintesa yaitu 300 °C dan 70 atm kemudian akan mengalami proses reaksi pada reaktor konversi etanol (R-110).

Modifikasi katalis *Fischer-Tropsch* digunakan untuk desain proses ini, khususnya *molybdenum-disulfide-based* (MoS₂). Katalis khusus ini menggunakan *high surface area* MoS₂ dengan alkali metal salt (potassium carbonat) dan kobalt (CoS₂). Salah satu keuntungan pemakaian katalis ini adalah toleransinya terhadap sulfur.

Secara overall reaksi stoikiometri untuk sintesis alkohol adalah sebagai berikut:

$$nCO_{(g)} + 2nH_{2(g)} \rightarrow C_nH_{2n+1}OH_{(l)} + (n-1)H_2O_{(l)}$$

Secara stoikiometri rasio optimum H_2 : CO adalah 2. Namun, katalis ini menjaga aktivitas signifikan water-gas shift dan akan menggenerasi H_2 dari CO dan H_2 O.

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + CO_{2(g)}$$

Ini akan menggeser rasio optimum H₂:CO menjadi mendekati 1 dan juga menggeser by product primer dari air menjadi CO₂. Reaksi sintesis etanol ini merupakan reaksi eksotermis dan lebih eksotermis dibanding dengan reaksi sintesis metanol. Adapun tahapan reaksi dari proses pembentuan etanol dari syngas dengan proses mixed alcohol adalah sebagai berikut:

1. 2CO	+	$4H_2$			 C ₂ H ₅ OH	+	H ₂ O
2. CO	+	$2H_2$			 CH₃OH		
3. CH ₃ OH	+	CO	+	2H ₂	 C ₂ H ₅ OH	+	H ₂ O
4. C ₂ H ₅ OH	+	co	+	$2H_2$	 C ₃ H ₇ OH	+	H ₂ O
5. C ₃ H ₇ 0H	+	CO	+	$2H_2$	 C ₄ H ₉ OH	+	H ₂ O
6. C ₄ H ₉ OH	+	CO	+	$2H_2$	 C ₅ H ₁₁ OH	+	H ₂ O
7. CO	+	H ₂ O			 H_2	+	CO

Tabel 2.3.2.1. Kondisi proses sintesis mixed alcohol

Parameter	"States of Technology" Conditions	Target Conditions Used in process Design & Aspen Model
Temperature (°C)	~300	300
Pressure (psia)	1500 - 2000	1000
H ₂ / CO ratio	1:0-1:2	1:0
CO ₂ Concentration (mol%)	0% - 7%	5,0%
Sulfur concentration (ppmv)	50 – 100	50

Tabel 2.3.2.2. Hasil performa reaksi mixed alcohol

Result	"States of Technology" Value Ranges	Target Result Used in process Design & Aspen Model
Total CO conversion (per-pass)	10 % - 40 %	60 %
Total alcohol selectivity (CO ₂ -free basis)	70 % - 80 %	90 %
Gas hourly space velocity (hr ⁻¹)	1600 - 12000	4000
Catalyst alcohol productivity (g/kg-catalyst/hr)	150 - 350	600

Setelah dari reaktor konversi etanol (R-110) effluent atau campuran dilewatkan melalui expander (G-121) untuk diturunkan tekanannya dari 70 atm hingga 1 atm. Setelah mengalami penurunan tekanan, suhu yang keluar dari expander juga mengalami penurunan hingga 101,4 °C. Produk campuran tersebut kemudian dialirkan kedalam cooler (E-122A) untuk diturunkan suhunya dari 101,4 °C hingga 35 °C dan didinginkan kembali pada cooler (E-122B) hingga suhu mencapai - 10 °C. Setelah tekanan dan suhu telah sesuai yaitu - 10 °C dan 1 atm, produk tersebut kemudian dialirkan kedalam flash separator I (H-123A) untuk dipisahkan antara Mixed Alcohol dalam fase liquid dengan komponen dalam fase gas (H₂, CO₂, CO, CH₄, H₂O, N₂, C₂H₄) yang ada dalam produk dari reaktor konversi etanol (R-110).

2.3.3.Unit pemisahan hasil

Pada unit ini terjadi proses pemisahan etanol dari alkohol lainnya serta komponenkomponen gas yang bersifat sebagai pengotor. Setelah keluar dari reaktor konversi etanol (R-110) dan tekanan serta suhu telah sesuai yaitu 1 atm dan -10 °C, produk tersebut kemudian dialirkan kedalam flash separator I (H-123A) untuk dipisahkan antara mixed alcohols dalam fase liquid dengan komponen dalam fase gas. Flash separator I (H-123A) memiliki dua lairan keluar yaitu top I dan bottom I, keluaran atas (top I) merupakan campuran yang mengandung komponen dalam fase gas (H₂, CO₂, CO, CH₄, H₂O, N₂, C₂H₄) dan keluaran bawah (bottom I) merupakan campuran komponen mixed alcohols dalam fase liquid. Keluaran atas (top I) kemudian dialirkan dan diturunkan suhunya menggunakan cooler (E-122C) hingga suhu mencapai - 120°C dan kemudian langsung dialirkan kedalam flash separator II (H-123B) untuk dipisahkan antara pengotor/inert dalam fase gas dengan carbon dioksida dalam fase liquid yang merupakan produk samping. Dalam flash separator II (H-123B) ini akan dihasilkan pula dua aliran keluar yaitu top II dan bottom II, keluaran atas (top II) merupakan komponen gas sebagai inert (H₂, CO₂, CO, H₂O, CH₄, N₂, C₂H₄) dan keluaran bawah (bottom II) merupakan campuran komponen carbon dioksida dalam fase liquid. Keluaran bawah (bottom II) yang merupakan komponen carbon dioksida dalam fase liquid, merupakan produk samping dalam proses ini yang kemudian dari flash separator II (H-123B) dialirkan menggunakan pompa (L-124A) untuk kemudian ditampung pada storage carbon dioksida (F-125). Keluaran atas (top II) yang merupakan komponen gas inert (H₂, CO₂, CO, H₂O, CH₄, N₂, C₂H₄) kemudian dialirkan ke dalam unit pengolahan limbah atau waste treatment untuk dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode pembakaran langsung sebelum dibuang ke lingkungan. Sedangkan untuk keluaran bawah (bottom I) yang merupakan campuran mixed alcohol dan sedikit gas inert, kemudian dinaikkan suhunya menggunakan heater (E-126A) hingga suhu mencapai - 5 °C dan dialirkan menggunakan pompa (L-124B) kedalam flash

Setelah dari reaktor konversi etanol (R-110) effinent atau caraparan ditewatkan melalui evpandor (G-121) amuk diturankan tekanamaya dari 70 ann hingga 1 atau. Setelah mengalumi penarunan tekanan, suhu yang keluar dari expandor juga mengalumi penarunan hingga 101,4 °C. Produk campuran tersebut kemudian dialirkan kedalam coolar (E-122A) untuk diturunkan suhunya dari 101.4 °C hingga 35 °C dan didirginkan kembali pada coolar (E-122B) hingga suhu mencapai - 10 °C. Setelah tekanan dan suhu telah sesuai yaitu - 10 °C dan 1 atm, produk tersebut kemudian dialirkan kedalam fiosh separator 1 (H-123A) untuk dipisahkan amara Mixed Alcohol dalam fase liquid dengan komponen dalam fase gas (41). CO₃ CO, CH, H₂O, Ng, C₂H₄) yang ada dalam produk dari reaktor komponen dalam fase gas (40).

2.3.3.Unit pentisahan hasil

Pada unit ini terjadi proses pemisahun etanol dari alkohol lainnya serta komponenkomponen gas yang bersifat sebagai pengotor. Seteloh keluar dari reaktor konversi etanol (K-110) dag tekanan serta subu telah sesudi yaitu Laun dan -10 °C, produk tersebut kennudian dialirkan kedalam flush separatur I (H-123A) umuk dipisahkan antara mised alcohuls dalam fase liquid dengan kompenen dalam fase gas. Flash separator I (H-123A) memiliki dua lairan keluar yaitu top I dan hottom li keluaran atas (10p I) merupakan campuran yang mengandung komponen daiam fase gas (Hz. COz. CO. CHa, HyO. Nz. Calla) dan keluaran bawah (bortom l.) merupakan computan komponen mixed alcohok dalam fase liquid. Kebaran atas (top 1) kemudian dialirkan dan diturunkan suhunya menggunakan cooler (E-122C) hingga suhu mencapai - 120°C dan kemudian langsung dialipkan kedalam flash separatur 11 (H-123R) untuk dipisahkan antara pengotoninent dalam fase gas dengan carbon dioksida dalam fase liquid yang merupakan produk samping. Dalom florh separator II (H-123B) ini akan dihasilkan pula dua aliran keluar yaitu top II dan bostom II. keluaran atas (10p II) merupakan komponen gas sebagai inert (Hz, COz, CO, HzO, CH, Nz, CzHz) dan keluaran bawah (heitour II) merupakan carapuran komponen carbon dioksida dalam fase liquid. Keluaran bawah (bottom II) yang merupakan komponen carbon dioksida dalam fase liquid merupakan preduk samping dalam proses ini yang kemudian dari flush separator 11 (H-123B) dialirkan menggunakan pompa (L-124A) intuk kemudian diampung pada storage carbon dioksida (F-125). Keluaran atas (rop II) yang merupakan komponen gas inert (H₂, CO₂, CO, H₂O, CH₃, No. CoHa) kemudian dialirkan ke dalam unit pengolahan limbah atau waste treatment untuk dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode pembakaran langsung sebelum dibuang ke lingkungan. Sedangkan untuk keluaran bawah (horrom i) yang merupakan campuran mireri alcohol don sedikit gas inert, kemudian dinaikkan suhunya menggunakan hemor (E-126A) hingga suhu reencapai - 5 °C den diahirkan menggunakan pompa (L-124B) kedalam Hash

separator III (H-123C). Dalam flash separator III akan dipisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan mixed alcohols dalam fase liquid sebagai produk setengah jadi. Dalam flash separator III (H-123C) ini akan dihasilkan dua aliran keluar yaitu top III dan bottom III, keluaran atas (top III) merupakan komponen gas sebagai inert (H2, CO2, CO, H2O, C2H4) dan keluaran bawah (bottom III) merupakan campuran komponen mixed alcohols dalam fase liquid. Keluaran atas (top III) yang merupakan komponen gas inert (H2, CO2, CO, H2O, C2H4) kemudian dialirkan ke dalam unit pengolahan limbah atau waste treatment untuk dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode pembakaran langsung sebelum dibuang ke lingkungan. Keluaran bawah (bottom III) yang merupakan komponen mixed alcohols dalam fase liquid adalah produk setengah jadi. Setelah keluar dari flash separator III (H-123C) aliran bawah (bottom III) yang merupakan campuran mixed alcohols kemudian dilewatkan melalui heater (E-126B) untuk dinaikkan suhunya hingga mencapai 80,61 °C dan kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-124C) untuk dimurnikan pada alat distillasi I (D-120).

2.3.4.Unit pemurnian etanol

Setelah suhu sesuai yaitu 80,61 °C dan tekanan 1 atm, maka campuran mixed alcohol dan air dari flash separator III (H-123C) tersebut kemudian dialirkan menuju alat distilllasi I (D-120) untuk dilakukan proses pemurnian tahap awal guna memisahkan komponen metanol, etanol dari komponen-komponen air dan mixed alcohol lain. Dalam distillasi I (D-120) metanol, etanol yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu dan dikeluarkan melalui keluaran atas untuk selanjutnya dilakukan proses kondensasi pada alat condensor (E-127) untuk dirubah fasenya dari uap menjadi liquid. Campuran yang telah terkondensasi tersebut kemudian ditampung sementara dalam akumulator (F-128) untuk selanjutnya sebagian dikembalikan sebagai reflux dan sebagian dialirkan dengan menggunakan pompa (L-131A) kedalam alat distillasi II (D-130) untuk dilakukan proses pemurnian lanjutan. Sedangkan air dan mixed alcohol (propanol, butanol, pentanol) yang dihasilkan dari proses pemurnian pada alat distillasi I (D-120) keluar melalui keluaran bawah untuk kemudian dialirkan menuju reboiler (E-129), untuk sebagian diuapkan kembali dan dikembalikan sebagai reflux serta sebagian dikirim keunit pengolahan limbah cair atau waste water treatment untuk diolah dengan menggunakan metode distillasi adsorptif menggunakan adsorben zeolit alam, pengolahan tersebut ditujukan untuk menghilangkan kandungan mixed alcohols yang terikut dalam aliran bawah distillasi I sehingga didapatkan hasil limbah yang aman untuk dibuang kelingkungan. Aliran atas dari distillasi I (D-120) yang mengandung metanol dan etanol kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa (L-131A) menuju alat distillasi II (D-130) untuk dipisahkan dan dimurnikan kembali antara metanol dan etanol.

schagai inert dengan mixed aksohols daiam fasa dipisahkan komponen dalam fase gas schagai inert dengan mixed aksohols daiam fase liquid schagai produk setengah jadi. Dalam fiash separator III (II-123C) ini akan dibasiikan dua niiran keluar yaitu nop III dan hetnom III. keluaran atas (top III) merupakan komponen gas sebagai inert (Eg. CO₂ CO, II₂O, C₂H₄) dan keluaran bawah (hottom III) merupakan campuran komponen mixed alcohols dalam fase liquid. Keluaran atas (top III) yang merupakan komponen upas inert (H₂ CO₂ CO, H₂O, C₂H₄) dan kemudian dialirkan ke dalam anh pengolahan limbah atau masie menumum untuk dilakukan pengolahan dengan menggunakan menggunakan menggunakan menggunakan keluaran langsung sebelum dibusug ke fiase itqiid adalah produk setengah jadi. Setelah keluar dari flash separator III (II-123C) melahui henter (E-126B) untuk dinaikkan suhunya hingga mencapai 80.61 °C dan kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-124C) untuk dinainkan pada alai distillasi I (D-120).

2.3.4.Unit pemuraina etunol

Setəlah suhu şesusi yaitu 80.61 °C dan tekanan 1 atm. maka campuran mixed alcohol. dan air dari flash separator III (H-123C) tersebut kemudian dialirkan menaju alat distilliasi I (D-120) untuk dilakukon proses penumian tahan uwai guna memisahkan komponen metanol. etanel dari komponea-komponen air dan mixed edeolool lain. Dalam distillasi I (D-120) metanol, etanol yang memiliki itik didih lebih cendah akan menggap terlebih dahulu dan dikeluarkan melalui keluaran atas untuk selanjatnya ditakukan proses bandensasi pada alat condensor (E-127) notuk dirubah fasenya dari nap menjadi liquid. Campuran yang telah terkondensasi tersebut kemudian ditempung sementara dalam akaandator (F-128) untuk selanjunya sebagian dikembalikan sebagai reflur dan sebagian dialirkan dengan menggunakan pompa (L-131A) kedalam alat distillasi 11 (D-130) untuk dilakukan proses pemurnian lanjutan. Sedangkan air dan mixed alcohol (pronanol, butanol, pentanol) yang dihasilkan dari proses pemumian pada alat distillasi 1 (D-120) keluar melalui keluaran bawah untuk kemudian dialirkan menuju reboiler (E-129), untuk sebagian diuapkan kembali dan dikembalikan sebagai reflur serta sebagian dikirira keunit pengoluhan limbah cair atau nyate water treatment untuk diolah dengan menggunakan metode distillasi satsorpif menggunakan adsorben zeolit alam, pengolahan tersebut ditujukan untuk menghilangkan kendungan mixed alcoholy yang terikut dalam aliran bawah distillasi 1 sehingga didapatkan hasil limbah yang aman untuk dibuang kelingkungan. Aliran atas dari distillasi I (D-120) yang mengandung metanol dan etanol kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa (L-131A) menuju alat distillasi II (D-130) untuk dipisahkan dan dimumikan kembali antara meranol dan etanol.

Pada distillasi II (D-130) suhu yang digunakan adalah 73,18 °C dengan tekanan 1 atm, metanol yang memiliki titik didih lebih rendah akan teruapkan terlebih dahulu dan keluar melalui keluaran atas untuk selanjutnya dilakukan proses kondensasi pada alat condensor (E-132), untuk dirubah fasenya dari uap menjadi liquid. Campuran yang telah terkondensasi tersebut kemudian ditampung sementara dalam akumulator (F-133) untuk selanjutnya sebagian dikembalikan sebagai reflux dan sebagian dialirkan melalui cooler (E-134) untuk dilakukan penurunan suhu dari 64,75 °C menjadi 30 °C. Setelah diturunkan suhunya maka campuran metanol yang merupakan produk samping I kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-131B) untuk ditampung pada storage metanol (F-135). Sedangkan etanol yang memiliki titik didih lebih besar akan dikeluarkan melalui keluaran bawah. Aliran bawah yang dihasilkan dari proses pemurnian pada alat distillasi II (D-130) keluar melalui keluaran bawah untuk kemudian dialirkan menuju reboiler (E-136), untuk sebagian diuapkan kembali dan dikembalikan sebagai reflux serta sebagian dialirkan melalui cooler (E-137) untuk diturunkan suhu dari 78,39 menjadi 30 °C. Setelah dilakukan proses penurun suhu kemudian campuran etanol langsung dialirkan menggunakan pompa (L-131C) untuk ditampung sebagai produk utama pada storage etanol (F-138). Produk utama dan produk samping yang telah ditampung pada storage masing-masing kemudian dikirim keunit penanganan produk.

2.3.5.Unit penangan produk

Pada unit ini produk yang telah ditampung dalam storage kemudian dikemas sesuai penanganan masing-masing produk. Etanol yang merupakan produk utama dan disimpan dalam storage product (F-138) kemudian dikemas dalam suatu kemasan baik dalam drum dengan ukuran masing-masing drum berisi 55 gallon, maupun tangki container untuk dipasarkan. Produk etanol yang telah dikemas juga disimpan dalam gudang untuk selanjutnya sebelum dipasarkan. Metanol yang merupakan produk samping pertama dan disimpan dalam storage (F-135) kemudian dikemas dalam suatu kemasan baik dalam drum dengan ukuran masing-masing drum berisi 55 gallon, maupun tangki container untuk dipasarkan. Sedangkan CO₂ yang merupakan samping kedua dan disimpan dalam storage (F-125) langsung dikemas kedalam container-container untuk selanjutnya dipasarkan.

Pada distillasi II (D-130) suhu yang digunakan adalah 73,18 °C dangan teksuan 1 atus. metanol yang memiliki fitik didih tebih rendah akan tenapkan terlebih dahulu dan kelagr melahri kehiran atas untuk selanjuinya dilaktikan proses kondensasi pada alar condensor (E-132), untuk dirubah fasonya dari uap menjadi liquid. Campuran yang telah terkondensasi tersebut kemudian ditumpung sententara dalam akumulator (i-133) untuk selanjutnya sebagian dikembalikan sebagai egilar dari sebagian dialirkan melalui cunter (E-134) untuk dilakukan pemerana suhu dari 64.75 °C merjadi 30 °C. Setelah diturunkan suhanya maler cumperan merand yang merupakan produk samping 1 kemudian dialirkan menggunakan pomps (L-131B) untuk ditionpung pada storage metanol (E-135). Sedangkan cumol yang memiliki titik didih lebih besar akan dikeluarkan melalui keluaran bawah. Aliran bawah yang dibasilkan dari proses pemanaan yada aku distillasi 11 (D-130) keluar melalai keluaran bawah untok kemudian dialirkan mengu reboiler (E-136), untok sebagian dinapkan kembali dan dikembalikan sebagai reflur serta sebagian dialirkan melalui cooler (E-137) umak diturunkan suhu dari 78,39 menjadi 30 °C. Serelah dilakukan proses penurun suhu kemadian compuran emed langsung dialirkan menggunakan pempa (L-131C) untuk ditampung sebagai produk utama pada vorage atanol (F-138). Produk utama dan produk samping yang telah ditumpung pada storage masing-masing kentudian dikirim keunit penangaran produk.

2.3.5.Unit penangan produk

Pada unit ini produk yang utiah ditampung dalam storaga kemudian dikemas sesuni penanganan masing-masing produk. Etanot yang merupakan produk utama dan disimpan dalam storaga product (F-138) kemudian dikemas dalam suatu kemasan bait dalam drum dengan ukuran masing-masing drum berisi 55 gallon, manpun tangki container untuk dipesarkan. Produk etanot yang telah dikemas juga disimpan dalam gudang untuk selanjatnya sebelum dipasarkan. Metanot yang merupakan produk samping pertama dan disimpan dalam storaga (F-135) kemudian dikemas dalam saatu kemasan baik dalam drum dengan ukuran masing-masing drum berisi 55 gallon, maupun tangki container untuk dipasarkan. Sedangkan CO₂ yang merupakan samping kedua dan disimpan dalam storaga (F-125) langsung dikemas kedalam container-container untuk selanjumya dipasarkan.

BAB III

NERACA MASSA

Pabrik : Etanol (C₂H₅OH)

Waktu Operasi : 330 Hari/Tahun

24 Jam/Hari

Kapasitas Produksi : 250.000 Ton/Tahun

 $\frac{250.000 \,\text{Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1.000 \,\text{Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \,\text{Tahun}}{330 \,\text{Hari}} \times \frac{1 \,\text{Hari}}{24 \,\text{Jam}}$

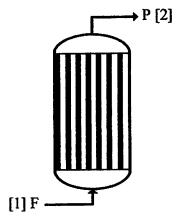
: 31.566 Kg/Jam

Basis Perhitungan : 98.643 Kg/Jam

Satuan Operasi : Kg/Jam

1. Reaktor Konversi Etanol (R-110)

Fungsi: Mereaksikan serta mengkonversi syngas menjadi etanol dan higher mixed alcohols



Neraca Massa Reaktor : F = P

Dimana: F = Aliran massa bahan baku syngas masuk reaktor

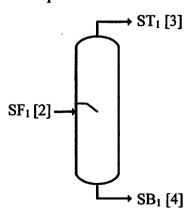
P = Aliran massa produk hasil reaksi keluar reaktor

Neraca	Magga	Reaktor	Konversi	Etanol
INCIALA	IVLESSE	IXCANIUI	IXUHV CI 31	

Komponen	Masuk <aliran f=""> (Kg/Jam)</aliran>	Keluar <aliran p=""> (Kg/Jam)</aliran>
H ₂	7.694	468
CO ₂	17.854	28.094
CO	70.135	9.774
H ₂ O	296	10.883
CH ₄	2.072	2.072
C ₂ H ₄	493	493
N ₂	99	99
СН₃ОН	-	11.034
C ₂ H ₅ OH	-	32.478
С ₃ Н ₇ ОН	-	2.461
С4Н9ОН	-	607
C ₅ H ₁₁ OH	-	180
Total	98.643	98.643

2. Flash Separator I (H-123A)

Fungsi: Memisahkan komponen dalam fase gas dengan mixed alcohols dalam fase liquid dari campuran hasil reaksi pada reaktor konversi mixed alcohols



Neraca Massa Flash Separator I: $SF_1 = ST_1 + SB_1$

Dimana: SF₁ = Aliran massa hasil reaksi dari reaktor sebagai bahan baku separasi I

ST₁ = Aliran massa produk atas separasi I

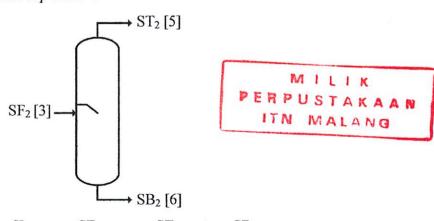
SB₁ = Aliran massa produk bawah separasi I

Neraca Massa	Flash	Separator	I
--------------	-------	-----------	---

	Masuk	Ke	luar
Komponen	<aliran sf<sub="">1></aliran>	Atas <aliran st<sub="">1></aliran>	Bawah <aliran sb<sub="">1></aliran>
	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)
H ₂	468	467	1
CO ₂	28.094	27.566	528
СО	9.774	9.718	56
H ₂ O	10.883	29	10.854
CH ₄	2.072	2.072	0
C ₂ H ₄	493	465	28
N ₂	99	99	0
СН ₃ ОН	11.034	186	10.848
C ₂ H ₅ OH	32.478	192	32.286
C ₃ H ₇ OH	2.461	3	2.458
C ₄ H ₉ OH	607	0	607
C ₅ H ₁₁ OH	180	0	180
Total	09 (42	40.797	57.846
Total	98.643	98.	.643

3. Flash Separator II (H-123B)

Fungsi: Memisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan carbon dioksida dalam fase *liquid* sebagai produk samping, dari campuran produk atas pada proses pemisahan *flash separator* I



Neraca Massa Flash Separator II : $SF_2 = ST_2 + SB_2$

Dimana: SF₂ = Aliran massa produk atas separasi I sebagai bahan baku separasi II

ST₂ = Aliran massa produk atas separasi II

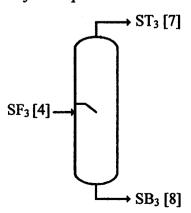
SB₂ = Aliran massa produk bawah separasi II

Neraca Massa Flash Separator II

	Masuk	Ke	luar
Komponen	<aliran sf<sub="">2></aliran>	Atas <aliran st<sub="">2></aliran>	Bawah <aliran sb<sub="">2></aliran>
	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)
H_2	467	466	. 1
CO ₂	27.566	390	27.176
CO	9.718	9.555	163
H ₂ O	29	6	23
CH ₄	2.072	2.051	21
C₂H₄	465	139	326
N ₂	99	99	0
СН₃ОН	186	20	166
C ₂ H ₅ OH	192	13	179
C ₃ H ₇ OH	3	3	0
m . 4 - 1	40.707	12.742	28.055
Total .	40.797	40	.797

4. Flash Separator III (H-123C)

Fungsi: Memisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan mixed alcohols dalam fase liquid sebagai produk setengah jadi, dari campuran produk bawah pada proses pemisahan flash separator I



Neraca Massa Flash Separator III: $SF_3 = ST_3 + SB_3$

Dimana: SF₃ = Aliran massa produk bawah separasi I sebagai bahan baku separasi III

 ST_3 = Aliran massa produk atas separasi III

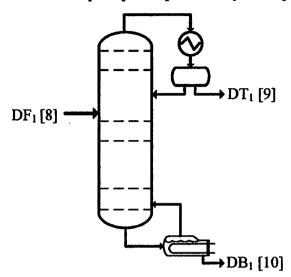
SB₃ = Aliran massa produk bawah separasi III

Neraca Massa Flash Separator III

	Masuk	Ke	luar
Komponen	<aliran sf<sub="">3></aliran>	Atas <aliran st<sub="">3></aliran>	Bawah <aliran sb<sub="">3></aliran>
	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)
H ₂	1	1	0
CO ₂	528	528	0
СО	56	56	0
H ₂ O	10.854	18	10.836
СН₄	0	0	0
C ₂ H ₄	28	28	0
N ₂	0	0	0
СН₃ОН	10.848	128	10.720
C ₂ H ₅ OH	32.286	168	32.118
C ₃ H ₇ OH	2.458	0	2.458
С₄Н₀ОН	607	0	607
C ₅ H ₁₁ OH	180	0	180
	FR 046	927	56.919
Total	57.846	57	.846

5. Kolom Distillasi I (D-120)

Fungsi: Memisahkan komponen metanol dan etanol dengan higher mixed alcohols, dari campuran produk bawah pada proses pemisahan flash separator III



Neraca Massa Distillasi I : $DF_1 = DT_1 + DB_1$

Dimana : DF₁ = Aliran massa produk bawah separasi III sebagai bahan baku distillasi I

 DT_1 = Aliran massa produk atas distillasi I

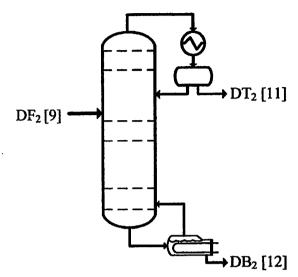
DB₁ = Aliran massa produk bawah distillasi I

Neraca Massa Kolom Distillasi I

	Masuk	Keluar	
Komponen	<aliran df<sub="">1></aliran>	Top <aliran dt<sub="">1></aliran>	Bottom <aliran db<sub="">1></aliran>
	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)
H ₂ O	10.836	54	10.782
СН ₃ ОН	10.720	10.720	0
C ₂ H ₅ OH	32.118	31.797	321
C ₃ H ₇ OH	2.458	25	2.433
С4Н9ОН	607	0	607
C ₅ H ₁₁ OH	180	0	180
Total		42.596	14.323
	56.919	56	5.919

6. Kolom Distillasi II (D-130)

Fungsi: Memisahkan komponen metanol dengan etanol, dari campuran produk atas pada proses distillasi I



Neraca Massa Distillasi II : $DF_2 = DT_2 + DB_2$

Dimana: DF₂ = Aliran massa produk atas distillasi I sebagai bahan baku distillasi II

DT₂ = Aliran massa produk atas distillasi II

DB₂ = Aliran massa produk bawah distillasi II

Neraca Massa Kolom Distillasi II

	Masuk	Keluar	
Komponen	<aliran df<sub="">2> (Kg/Jam)</aliran>	Top <aliran dt<sub="">2> (Kg/Jam)</aliran>	Bottom <aliran db<sub="">2> (Kg/Jam)</aliran>
H ₂ O	54	4	50
СН ₃ ОН	10.720	10.707	13
C ₂ H ₅ OH	31.797	317	31.480
C ₃ H ₇ OH	25	2	23
Total		11.030	31.566
	42.596	42	.596

BAB IV

NERACA PANAS

Pabrik : Etanol (C₂H₅OH)

Waktu Operasi : 330 Hari/Tahun

: 24 Jam/Hari

Kapasitas Produksi : 250.000 Ton/Tahun

: $\frac{250.000 \,\text{Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1.000 \,\text{Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \,\text{Tahun}}{330 \,\text{Hari}} \times \frac{1 \,\text{Hari}}{24 \,\text{Jam}}$

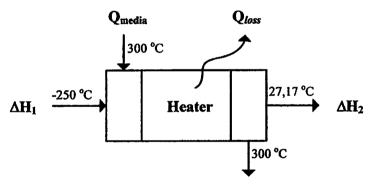
: 31.566 Kg/Jam

Suhu Referensi : 25 °C = 298,15 K

1. HEATER (E-112)

Fungsi : Menaikkan suhu syngas yang keluar storage sebelum masuk reaktor

konversi etanol dari - 250 °C menjadi 27,17°C.



Neraca Panas Total ::

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2 + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam syngas masuk heater

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam syngas keluar heater

 Q_{media} = Panas dari media pemanas (steam)

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam heater

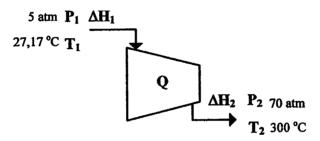
Neraca Panas Heater

Masuk	Masuk (KJ/Jam)		(KJ/Jam)
ΔH_1	-5,141E+07	ΔH_2	4,185E+05
Q _{media}	5,184E+07	Qloss	1,073E+04
Total	4,293E+05	Total	4,293E+05

2. KOMPRESOR (G-113)

Fungsi

Menaikkan tekanan *syngas* yang keluar *storage* sebelum masuk reaktor konversi etanol dari 5 atm menjadi 70 atm.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2$$

Dimana

ΔH₁ = Panas yang terkandung dalam syngas masuk kompresor

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam syngas keluar kompresor

Q = Panas yang terjadi pada kompresor

P = Tekanan

T = Temperatur

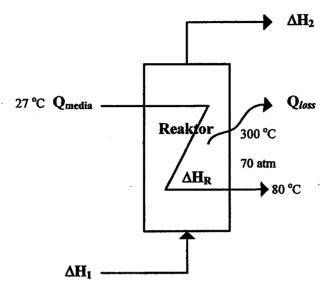
Neraca Panas Kompresor

Masuk (KJ/Jam)		Keluar	(KJ/Jam)
ΔH_1	4,185E+05	ΔH_2	5,465E+07
Q	5,423E+07		3,40315107
Total	5,465E+07	Total	5,465E+07

3. REAKTOR KONVERSI ETANOL (R-110)

Fungsi

Mereaksikan serta mengkonversi syngas menjadi etanol dan higher mixed alcohols.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + \Delta H_R = \Delta H_2 + Q_{media} + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam syngas masuk reaktor

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *product* keluar reaktor

ΔH_R = Panas yang diakibatkan adanya reaksi

 Q_{media} = Panas yang diserap media pendingin

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam reaktor

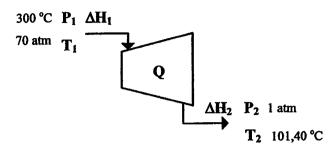
Neraca Panas Reaktor Konversi Etanol

Masuk (KJ/Jam)		Keluar	(KJ/Jam)
ΔH_1	5,465E+07	ΔH_2	2,691E+07
	-3,457E+08	Q _{loss}	1,366E+06
ΔH_R		Q _{media}	-3,194E+08
Total	-2,911E+08	Total	-2,911E+08

4. **EXPANDER (G-121)**

Fungsi

Menurunkan tekanan produk hasil reaksi pada reaktor konversi etanol sebelum masuk *flash separator* I dari 70 atmmenjadi 1 atm.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk expander

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *product* keluar expander

Q = Panas yang terjadi pada expander

P = Tekanan

T = Temperatur

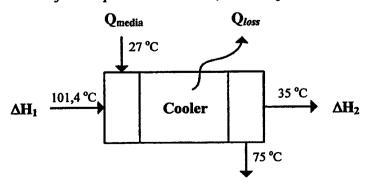
Neraca Panas Expander

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (l	KJ/Jam)
ΔH_1	2,691E+07	ΔH_2	5,735E+06
Q	-2,117E+07		
Total	5,735E+06	Total	5,735E+06

5. **COOLER (E-122A)**

Fungsi

Menurunkan suhu campuran yang keluar expander sebelum masuk flash separator I dari 101,4 °C menjadi 35 °C.



Neraca Panas Total :

 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{media}} + Q_{\text{loss}}$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk cooler

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam product keluar cooler

Q_{media} = Panas dari media pendingin (air)

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam cooler

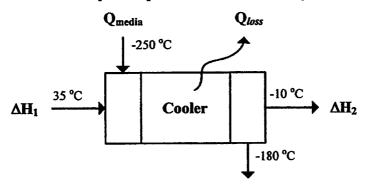
Neraca Panas Cooler

Masuk(KJ/Jam)		Keluar(KJ/Jam)	
	-	ΔH_2	6,696E+05
ΔH_1	5,735E+06	Qmedia	4,922E+06
		Qloss	1,434E+05
Total	5,735E+06	Total	5,735E+06

6. COOLER (E-122B)

Fungsi

Menurunkan suhu campuran yang keluar cooler E-122A sebelum masuk flash separator I dari 35 °C menjadi - 10 °C.



Neraca Panas Total

 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{media} + Q_{loss}$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk cooler

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam product keluar cooler

Q_{media} = Panas dari media pendingin (nitrogen cair)

 Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam cooler

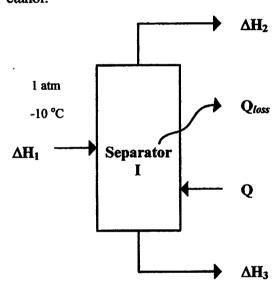
Neraca	Panas	Cool	er
ITULACA	Lands		

Masuk	(KJ/Jam)	Keluar	(KJ/Jam)
		ΔH_2	-2,146E+06
ΔH_1	6,696E+05		2,799E+06
		Qloss	1,674E+04
Total	6,696E+05	Total	6,696E+05

7. FLASH SEPARATOR I (H-123A)

Fungsi

Memisahkan komponen dalam fase gas dengan mixed alcohols dalam fase liquid dari campuran hasil reaksi pada reaktor konversi etanol.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk separator

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *top* produk keluar separator

 ΔH_3 = Panas yang terkandung dalam *bottom* produk keluar separator

Q = Panas yang diserap dari udara

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam separator

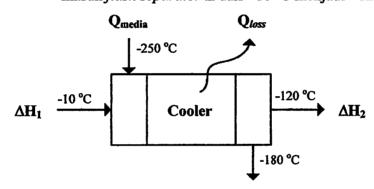
Neraca Panas Flash Separator	1
------------------------------	---

Masuk	(KJ/Jam)	Keluar	· (KJ/Jam)
ΔH_1	-2,146E+06	ΔH_2	-1,098E+06
0	5 5207 104	ΔΗ ₃	-1,049E+06
Q	-5,530E+04	Q _{loss}	-5,504E+04
Total	-2,202E+06	Total	-2,202E+06

8. COOLER (E-122C)

Fungsi

Menurunkan suhu untuk aliran atas *flash separator* I sebelum masuk *flash separator* II dari - 10 °C menjadi - 120 °C.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{media}} + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk cooler

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *product* keluar *cooler*

Q_{media} = Panas dari media pendingin (nitrogen cair)

 Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam cooler

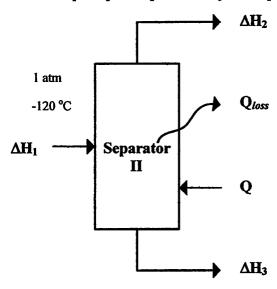
Neraca Panas Cooler

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
		ΔH_2	-4,087E+06
ΔH_{I}	-1,098E+06	Q _{media}	3,017E+06
		Qlass	-2,745E+04
Total	-1,098E+06	Total	-1,098E+06

9. FLASH SEPARATOR II (H-123B)

Fungsi

Memisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan carbon dioksida dalam fase *liquid* sebagai produk samping, dari campuran aliran atas pada proses pemisahan *flash separator* I.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk separator

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *top* produk keluar separator

 ΔH_3 = Panas yang terkandung dalam *bottom* produk keluar separator

Q = Panas yang diserap dari udara

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam separator

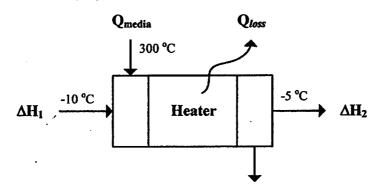
Neraca Panas Flash Separator II

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_1	-4,087E+06	ΔH_2	-2,795E+06
0	1.0497-105		-1,292E+06
Q	-1,048E+05	Q _{loss}	-1,048E+05
Total	-4,192E+06	Total	-4,192E+06

10. HEATER (E-126A)

Fungsi

Menaikkan suhu campuran yang keluar dari aliran bawah *flash* separator I sebelum masuk *flash separator* III dari - 10 °C menjadi - 5 °C.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q_{media} = \Delta H_2 + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk heater

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam product keluar heater

Q_{media} = Panas dari media pemanas (steam)

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam heater

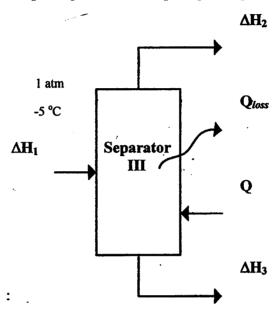
Neraca Panas Heater

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_1	-1,049E+06	ΔH_2	-9,137E+05
Qmedia	1,116E+05	Qloss	-2,343E+04
Total	-9,372E+05	Total	-9,372E+05

11. FLASH SEPARATOR III (H-123C)

Fungsi

Memisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan mixed alcohols dalam fase liquid sebagai produk setengah jadi, dari campuran produk bawah pada proses pemisahan flash separator I.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_{los}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk separator

 ΔH_2^{\prime} = Panas yang terkandung dalam *top* produk keluar separator

 ΔH_3 = Panas yang terkandung dalam *bottom* produk keluar separator

Q = Panas yang diserap dari udara

 Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam separator

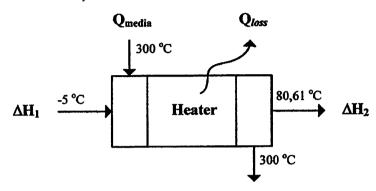
Neraca Panas Flash Separator III

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH ₁	-9,137E+05	ΔH_2	-1,305E+04
0	2.2425104		-9,007E+05
Q ·	-2,343E+04	Qlass	-2,343E+04
Total	-9,372E+05	Total	-9,372E+05

12. HEATER (E-126B)

Fungsi

Menaikkan suhu campuran yang keluar melalui aliran bawah *flash* separator III sebelum masuk kolom distillasi I dari -5 °C menjadi 80,61 °C.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2 + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk heater

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam product keluar heater

Q_{media} = Panas dari media pemanas (steam)

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam heater

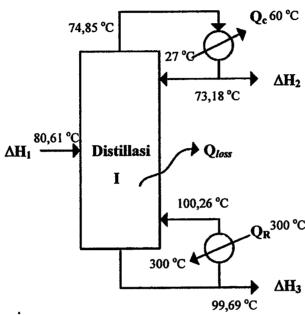
Neraca Panas Heater

Masuk	(KJ/Jam)	Keluar (I	KJ/Jam)
ΔH_1	3,389E+05	ΔH_2	2,126E+06
Qmedia	1,841E+06	Qloss	5,450E+04
Total	2,180E+06	Total	2,180E+06

13. KOLOM DISTILLASI I (D-120)

Fungsi

Memisahkan komponen metanol dan etanol dengan higher mixed alcohols, dari campuran produk bawah pada proses pemisahan flash separator III.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q_R = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_C + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk distillasi

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam top produk keluar distillasi

 ΔH_3 = Panas yang terkandung dalam bottom produk keluar distillasi

Q_R = Panas yang diserap dari steam

Q_C = Panas yang diserap pendingin

 Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam kolom distillasi

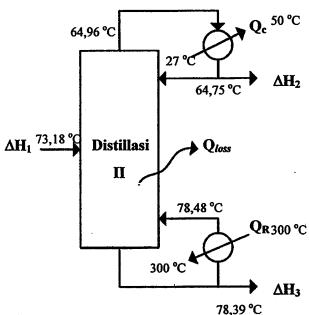
Neraca Panas Kolom Distillasi I

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
	2,126E+06	ΔH_2	8,440E+05
ΔH_1	2,126E+06	ΔH_3	1,514E+06
	0.06471.05	Qc	9,105E+04
Q_R	3,864E+05	Qloss	6,280E+04
Total	2,512E+06	Total	2,512E+06

14. KOLOM DISTILLASI II (D-130)

Fungsi

Memisahkan komponen metanol dengan etanol, dari campuran produk atas pada proses distillasi I.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 + Q_R = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_C + Q_{loss}$$

Dimana

 ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk distillasi

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *top* produk keluar distillasi

ΔH₃ = Panas yang terkandung dalam bottom produk keluar distillasi

 Q_R = Panas yang diserap dari steam

Q_C = Panas yang diserap pendingin

 Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam kolom distillasi

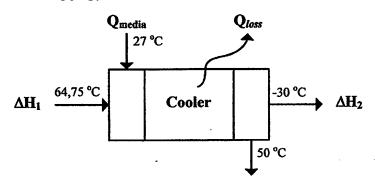
Neraca Panas Kolom Distillasi II

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ATT	8,440E+05	ΔH_2	3,042E+05
ΔH _I	8,440E+03		8,693E+05
0	2 70513 105	ΔH ₂ ΔH ₃ Qc Qloss	1,068E+04
Q_R	3,705E+05	Qloss	3,036E+04
Total	1,214E+06	Total	1,214E+06

15. COOLER (E-134)

Fungsi

Menurunkan suhu campuran yang keluar dari akumulator distillasi II sebelum ditampung pada *storage* metanol dari 64,75 °C menjadi 30 °C.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{media}} + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk cooler

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam *product* keluar *cooler*

 Q_{media} = Panas dari media pendingin (air) Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam cooler

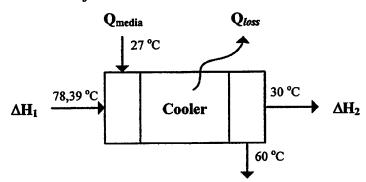
Neraca Panas Cooler

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_1	3,042E+05	ΔH_2	3,605E+04
		Qmedia	2,605E+05
		Qloss	7,604E+03
Total	3,042E+05	Total	3,042E+05

16. COOLER (E-137)

Fungsi

Menurunkan suhu campuran yang keluar reboiler distillasi II sebelum ditampung pada *storage* etanol dari 78,39 °C menjadi 30 °C.



Neraca Panas Total

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{media} + Q_{loss}$$

Dimana : ΔH_1 = Panas yang terkandung dalam feed masuk cooler

 ΔH_2 = Panas yang terkandung dalam product keluar cooler

Q_{media} = Panas dari media pendingin (air)

Q_{loss} = Panas yang hilang di dalam cooler

Neraca Panas Cooler

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_1	5,408E+05	ΔH_2	3,317E+04
		Qmedia	4,941E+05
		Qloss	1,352E+04
Total	5,408E+05	Total	5,408E+05

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. STORAGE SYNGAS (F-111)

Fungsi : Menyimpan bahan baku syngas yang berasal dari supplier untuk

persediaan selama 15 hari.

Kapasitas : $10.175,2074 \text{ m}^3$

Type : Spherical Tank

Bentuk : Bola

Bahan Konstruksi : SA - 202 Grade A

Ukuran

- Diameter luar : 23,5518 m

- Diameter dalam : 28,4819 m

- Tekanan internal: 5 atm

- Tinggi : 28,5517 m

- Tebal : $1^{3}/_{8}$ in

Jumlah : 6 buah

2. HEATER (E-112)

Fungsi : Menaikkan suhu syngas yang keluar storage sebelum masuk

reaktor konversi etanol dari - 250 °C menjadi 27,17°C.

MILIK

PERPUSTAKAAN

ITN MALANG

Type : Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan Konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Shell

- ID_s : 31 in

- n' : 2

- B : 13

- d_e : 0,91 in

· c' : 0,31 in

Bagian Tube

- do : 1 1/4 in, 14 BWG

- di : 1,08 in

- n : 4

- 1 : 16 ft

- Nt : 270

 $- P_T$: 1,56 in

- a' : $0,923 \text{ in}^2$

a" : 0,3271 ft^2/ft

- Pengaturan : Triangular Pitch

Jumlah : 1 buah

3. KOMPRESOR (G-113)

Fungsi : Menaikkan tekanan syngas yang keluar storage sebelum masuk

reaktor konversi etanol dari 5 atm menjadi 70 atm.

Type : Centrifugal

Bahan konstruksi : Cast Steel ASTM A553 Type I

Rate volumetric : 3.942.825,8432 ft³/hari (CFD)

Power motor : 7.870,4283 HP

Jumlah : 1 buah

4. REAKTOR KONVERSI ETANOL (R-110)

Merupakan alat utama I, perhitungan berada di Bab VI

Alat ini diarancang oleh:

Nama : Yuniar Rizqi Hardiano

NIM : 07. 14. 010

5. EXPANDER (G-121)

Fungsi : Menurunkan tekanan produk hasil reaksi pada reaktor konversi

etanol sebelum masuk flash separator I dari 70 atm

menjadi 1 atm.

Type : Centrifugal

Bahan konstruksi : Cast Steel ASTM A516 gr 55

Rate volumetric : 1.752.949,2190 ft³/hari (CFD)

Power motor : 13.120,4935 HP

Jumlah : 1 buah

6. **COOLER (E-122A)**

Fungsi : Menurunkan suhu campuran yang keluar expander sebelum

masuk flash separator I dari 101,4 °C menjadi 35 °C.

Type : Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Shell

= ID_s : 33 in

- n' : 1

- B : 8

- d_e : 0,91 in

- c' : 0,31 in

Bagian Tube

- do : 1 1/4 in, 14 BWG

- di : 1,08 in

- n : 2

- 1 : 16 ft

- Nt : 315

 $- P_T : 1,56 in$

- a' : 0,923 in^2

- a" : $0,3271 \text{ ft}^2/\text{ft}$

- Pengaturan : Triangular Pitch

Jumlah : 1 buah

7. **COOLER (E-122B)**

Fungsi : Menurunkan suhu campuran yang keluar cooler E-122A

sebelum masuk flash separator I dari 35 °C menjadi - 10 °C.

Type : Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Shell

- ID_s : 10 in

- n' : 1

- B : 8

- d_e : 0,73 in

- c' : 0,25 in

Bagian Tube

- do : 3/4 in, 14 BWG

- di : 0,584 in

- n : 2

16 ft 1

52 Nt

: 1 in $\mathbf{P_T}$

: 0,268 in² a'

 $0.1963 \text{ ft}^2/\text{ft}$ a"

Triangular Pitch Pengaturan

Jumlah 1 buah

8. FLASH SEPARATOR I (H-123A)

Memisahkan komponen dalam fase gas dengan mixed alcohols Fungsi

dalam fase liquid dari campuran hasil reaksi pada reaktor

konversi etanol.

 $771,3668 \text{ ft}^3/\text{Jam}$ Kapasitas

: Flash Drum Type

Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard Bentuk

dished head

SA - 202 *Grade* A Bahan konstruksi

Ukuran

Jumlah

Diameter luar 2,5908 m Diameter dalam : 2,5813 m

Tekanan internal: 1 atm

Tinggi 8,7038 m

3/16 in Tebal

9. COOLER (E-122C)

Menurunkan suhu untuk aliran atas flash separator I sebelum Fungsi

masuk flash separator II dari - 10 °C menjadi - 120 °C.

Shell and Tube Heat Exchanger Type

1 buah

SA - 213 Grade TP 304 Bahan konstruksi

Ukuran

Bagian Shell

В

12 in ID_s

n' : 2 8

 d_e 0,73 in - c' : 0,25 in

Bagian Tube

- do : 3/4 in, 14 BWG

- di : 0,584 in

- n : 4

- 1 : 16 ft

· Nt : 82

- P_T : 1 in

- a^2 : 0,268 in²

- a" : $0.1963 \text{ ft}^2/\text{ft}$

- Pengaturan : Triangular Pitch

Jumlah : 1 buah

10. FLASH SEPARATOR II (H-123B)

Fungsi : Memisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan

carbon dioksida dalam fase liquid sebagai produk samping, dari

campuran aliran atas pada proses pemisahan flash separator I.

Kapasitas : $202,9375 \text{ ft}^3/\text{Jam}$

Type : Flash Drum

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard

dished head

Bahan konstruksi : SA - 202 Grade A

Ukuran

- Diameter luar : 1,3716 m - Diameter dalam : 1,3621 m

- Tekanan internal: 1 atm

- Tinggi : 4,6333 m - Tebal : 3/16 in

Jumlah : 1 buah

11. POMPA SENTRIFUGAL (L-124A)

Fungsi : Memindahkan komponen liquid yang keluar dari aliran bawah

flash separator II menuju storage carbon dioksida.

Type : Centrifugal Pump

Bahan konstruksi : Commersial Steel

Rate volumetrik : 738,8123 ft³/Jam

Power motor

1 HP

Jumlah

1 buah

12. STORAGE CARBON DIOKSIDA (F-125)

Fungsi

Menyimpan carbon dioksida dari flash separator II sebagai

produk samping II, selama 3 hari.

Kapasitas

317.1152 m³

Type

: Cylindrical Horizontal

Bentuk

: Silinder horizontal dengan samping kiri dan kanan berbentuk

standar dished head

Bahan Konstruksi

SA - 202 Grade A

Ukuran

- Diameter luar

5,7912 m

- Diameter dalam:

5,7817 m

- Tekanan internal:

1 atm

- Panjang

14 m

- Tebal

3/16 in

Jumlah

5 buah

13. HEATER (E-126A)

Fungsi

Menaikkan suhu campuran yang keluar dari aliran bawah flash

separator I sebelum masuk flash separator III dari - 10 °C

menjadi - 5 °C.

Type

: Double Pipe Heat Exchanger

Bahan konstruksi

SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Annulus

- A_{an}

: 1,19 in²

- de

: 0,915 in

- d_e.

0,4 in

Bagian Tube

- A_p

 1.5 in^2

- di

1,38 in

_

1,50 111

- d_o

: 1,66 in

a"

 $0.435 \, \text{ft}^2/\text{ft}$

Jumlah

1 buah

14. POMPA SENTRIFUGAL (L-124B)

Memindahkan komponen liquid yang keluar dari aliran bawah **Fungsi**

flash separator I menuju flash separator III.

: Centrifugal Pump Type

Commersial Steel Bahan konstruksi

1.122,3284 ft³/Jam Rate volumetrik

1 HP Power motor

Jumlah 1 buah

15. FLASH SEPARATOR III (H-123C)

Memisahkan komponen dalam fase gas sebagai inert dengan Fungsi

> mixed alcohols dalam fase liquid sebagai produk setengah jadi, dari campuran produk bawah pada proses pemisahan flash

separator I.

421,2925 ft³/Jam Kapasitas

: Flash Drum Type

Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar Bentuk

dished head

1 atm

SA - 202 Grade A Bahan konstruksi

Ukuran

Diameter luar 1,8288 m 1,8193 m

Diameter dalam:

Tekanan internal:

Tinggi 6,1597 m

Tebal 3/16 in Jumlah 1 buah

16. HEATER (E-126B)

Fungsi Menaikkan suhu campuran yang keluar melalui aliran bawah

flash separator III sebelum masuk kolom distillasi I dari -5 °C

menjadi 80,61 °C.

Type : Double Pipe Heat Exchanger

Bahan konstruksi SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Annulus

 $-A_{an}$: 1,19 in²

- d_e : 0,915 in

 $- d_{e'} : 0,4 in$

Bagian Tube

- A_p : 1,5 in²

- d_i : 1,38 in

- d₀ : 1,66 in

- a" : $0.435 \text{ ft}^2/\text{ft}$

Jumlah : 1 buah

17. POMPA SENTRIFUGAL (L-124C)

Fungsi : Memindahkan komponen liquid yang keluar dari aliran bawah

flash separator III menuju kolom distillasi I.

Type : Centrifugal Pump

Bahan konstruksi : Commersial Steel

Rate volumetrik : 2.450,8161 ft³/Jam

Power motor : 1 HP

Jumlah : 1 buah

18. KOLOM DISTILLASI I (D-120)

Fungsi : Memisahkan komponen metanol dan etanol dengan higher

mixed alcohols, dari campuran produk bawah pada proses

pemisahan flash separator III.

Type : Sieve Tray Tower

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar

dished head

Bahan konstruksi : SA - 212 Grade B

Ukuran

Dimensi silinder

- Diameter luar : 3,0480 m

Diameter dalam : 3,0385 m

- Tekanan internal: 1 atm

- Tinggi : 15,7828 m

- Tebal : 3/16 in

Dimensi tray

- Jumlah tray : 14 tray (+ 1 tray reboiler dan +1 tray kondensor)

Tray spacing : 30 inJumlah : 1 buah

19. KONDENSOR DISTILLASI I (E-127)

Fungsi : Mengubah fase gas untuk aliran atas kolom distillasi I menjadi

fase liquid sebelum ditampung pada akumulator distillasi I.

Type : Double Pipe Heat Exhanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Annulus

- A_{an} : 1,19 in²

- d_e : 0,915 in

 $- d_{e'} : 0,4 in$

Bagian Tube

- A_p : 1,5 in²

· d_i : 1,38 in

· d_o : 1,66 in

- a" : 0,435 ft^2/ft

Jumlah : 1 buah

20. AKUMULATOR DISTILLASI I (F-128)

Fungsi : Menampung sementara distillat yang keluar dari kondensor

distillasi I untuk selajutnya dibagi menjadi dua aliran yaitu

aliran reflux dan aliran yang diteruskan untuk proses berikutnya.

Kapasitas : 356,7011 ft³

Type : Cylindrical Horizontal

Bentuk : Silinder horizontal dengan tutup kiri dan kanan berbentuk

standar dished head

Bahan konstruksi : SA - 202 Grade A

Ukuran

Diameter luar : 1,8288 m

Diameter dalam : 1,8193 m

- Tekanan internal: 1 atm

Panjang : 6,1597 m
 Tebal : 3/16 in
 Jumlah : 1 buah

21. REBOILER DISTILLASI I (E-129)

Fungsi : Menguapkan kembali hasil bawah kolom distillasi I untuk

sebagian dikembalikan ke dalam kolom distillasi I.

Type : Double Pipe Heat Exhanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Annulus

- A_{an} : 1,19 in² - d_e : 0,915 in - $d_{e'}$: 0,4 in

Bagian Tube

Jumlah : 1 buah

22. POMPA SENTRIFUGAL (L-131A)

Fungsi : Memindahkan komponen liquid yang keluar dari aliran atas

kolom distillasi I menuju kolom distillasi II.

Type : Centrifugal Pump : Commersial Steel

Rate volumetrik : 2.033,2147 ft³/Jam

Power motor : 1 HP

Jumlah : 1 buah

23. KOLOM DISTILLASI II (D-130)

Merupakan alat utama II, perhitungan berada di Bab VI

Alat ini diarancang oleh:

Nama : Ryvan Chandra Hadianto

NIM : 07. 14. 013

24. KONDENSOR DISTILLASI II (E-132)

Fungsi : Mengubah fase gas untuk aliran atas kolom distillasi II menjadi

fase liquid sebelum ditampung pada akumulator distillasi II.

Type : Double Pipe Heat Exhanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Annulus

 $- A_{an}$: 1,19 in²

- ·d_e : 0,915 in

 $- d_{e'}$: 0,4 in

Bagian Tube

 $- A_{\rm p}$: 1,5 in²

- d_i : 1,38 in

- d₀ : 1,66 in

- a" : $0.435 \, \text{ft}^2/\text{ft}$

Jumlah : 1 buah

25. AKUMULATOR DISTILLASI II (F-133)

Fungsi : Menampung sementara distillat yang keluar dari kondensor

distillasi II untuk selajutnya dibagi menjadi dua aliran yaitu

aliran reflux dan aliran yang diteruskan untuk proses berikutnya.

Kapasitas : $91,2773 \text{ ft}^3$

Type : Cylindrical Horizontal

Bentuk : Silinder horizontal dengan tutup kiri dan kanan berbentuk

standar dished head

Bahan konstruksi : SA - 202 Grade A

Ukuran

- Diameter luar : 1,0668 m

- Diameter dalam : 1,0573 m

- Tekanan internal: 1 atm

- Panjang : 3,6156 m

- Tebal : 3/16 in

Jumlah : 1 buah

26. COOLER (E-134)

Fungsi : Menurunkan suhu campuran yang keluar dari akumulator

distillasi II sebelum ditampung pada storage metanol dari

64,75 °C menjadi 30 °C.

Type : Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Shell

- ID_s : $17^{1}/_{4}$ in

- n' : 1.

- B : 4

- d_e : 0,91 in

- c' : 0,31 in

Bagian Tube

- do : 1 ¼ in, 14 BWG

- di : 1,08 in

- n : 2

- 1 : 16 ft

- Nt : 69

- P_T : 1,56 in

- a' : 0.923 in^2

- a" : $0.3271 \text{ ft}^2/\text{ft}$

- Pengaturan : Triangular Pitch

Jumlah : 1 buah

27. POMPA SENTRIFUGAL (L-131B)

Fungsi : Memindahkan komponen liquid yang keluar dari akumulator

distillasi II menuju storage metanol.

Type : Centrifugal Pump

Bahan konstruksi : Commersial Steel

Rate volumetrik : 496,9638 ft³/Jam

Power motor : 1 HP

Jumlah : 1 buah

28. STORAGE METANOL (F-135)

Fungsi : Menyimpan metanol dari kolom distillasi II sebagai produk

samping I, selama 3 hari.

Kapasitas : $355,5138 \text{ m}^3$

Type : Cylindrical Horizontal

Bentuk : Silinder horizontal dengan samping kiri dan kanan berbentuk

standar dished head

Bahan Konstruksi : SA - 202 Grade A

Ukuran

- Diameter luar : 6,0960 m - Diameter dalam : 6,0865 m

- Tekanan internal: 1 atm

- Panjang : 14 m

- Tebal : 3/16 in

Jumlah : 3 buah

29. REBOILER DISTILLASI II (E-136)

Fungsi : Menguapkan kembali hasil bawah kolom distillasi II untuk

sebagian dikembalikan ke dalam kolom distillasi II.

Type : Double Pipe Heat Exhanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Annulus

 $-A_{an}$: 1.19 in²

- d_e : 0,915 in

 $- d_{e'}$: 0.4 in

Bagian Tube

 $- A_p : 1,5 in^2$

 $- d_i : 1,38 in$

- d_o : 1,66 in

- a" : $0.435 \, \text{ft}^2/\text{ft}$

Jumlah : 1 buah

30. COOLER (E-137)

Fungsi : Menurunkan suhu campuran yang keluar reboiler distillasi II

sebelum ditampung pada storage etanol dari 78,39 °C

menjadi 30 °C.

Type : Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan konstruksi : SA - 213 Grade TP 304

Ukuran

Bagian Shell

 $- ID_s$: $19^{1}/_4$ in

- n' : 1

- B : 4

- d_e : 0,91 in

· c' : 0,31 in

Bagian Tube

- do : 1 1/4 in, 14 BWG

- di : 1,08 in

- n : 2

- 1 : 16 ft

- Nt : 95

- P_T : 1,56 in

- a' : 0,923 in^2

- a" : $0,3271 \text{ ft}^2/\text{ft}$

- Pengaturan : Triangular Pitch

Jumlah : 1 buah

31. POMPA SENTRIFUGAL (L-131C)

Fungsi : Memindahkan komponen liquid yang keluar dari reboiler

distillasi II menuju storage etanol.

Type : Centrifugal Pump

Bahan konstruksi : Commersial Steel

Rate volumetrik : 1.427,0727 ft³/Jam

Power motor : 1 HP

Jumlah : 1 buah

32. STORAGE ETANOL (F-138)

Fungsi : Menyimpan etanol dari kolom distillasi II sebagai produk

utama, selama 3 hari.

Kapasitas : 355,5138 m³

Type : Cylindrical Horizontal

Bentuk : Silinder horizontal dengan samping kiri dan kanan berbentuk

standar dished head

Bahan Konstruksi : SA - 202 Grade A

Ukuran

Diameter luar : 6,0960 m
 Diameter dalam : 6,0865 m

- Tekanan internal : 0,0803 ii
- Tekanan internal : 1 atm
- Panjang : 14 m
- Tebal : 3/16 in
Jumlah : 8 buah

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Distilasi

Kode Alat : D-130

Type : Sieve Tray

Fungsi : Memisahkan ethanol dari methanol dan campurannya

Prinsip Kerja: Kolom distilasi berupa bejana tegak yang berdiri pada skirt support dan

pondasi beton. Feed diumpankan ke dalam kolom yang memiliki plate

tersusun seri. Dalam operasi normal, uap bergerak ke atas melalui lubang-

lubang tray yang terdispersi oleh liquida yang mengalir di atasnya.

Akibat kontak tersebut, sejumlah liquida diuapkan, kemudian uap yang

terjadi akan dikondensasikan sebagai distilat.

Kondisi operasi kolom distilasi:

- Temperatu: 73,18 °C = 346,33 K

- Tekanan : 1 atm

- Waktu : 10 menit = 0,1667 jam (Gael Ulrich)

Dari App. A dan App. B diperoleh data sebagai berikut:

- Feed (F)

$$m = 42.596$$
 Kg/Jam = 93.908,1177 lb/jam

$$T = 73,18$$
 °C = 346,33 K

- Top Product / Distilat (D)

$$m = 11.030 \text{ Kg/Jam} = 24.316,9907 \text{ lb/jam}$$

$$T = 64,96$$
 °C = 338,11 K

- Bottom Product (B)

$$m = 31.566 \text{ Kg/Jam} = 69.591,1269 \text{ lb/jam}$$

$$T = 78,39$$
 °C = 351,54 K

Tahap Perancangan:

- 1. Perancangan Kolom Distilasi
 - Jumlah plate yang dibutuhkan
 - Ukuran diameter kolom

- Jarak antara tray (tray spacing)
- Konstruksi detail tray

2. Perancangan Nozzle

- Nozzle untuk feed (A)
- Nozzle untuk top kolom (B)
- Nozzle untuk refluks kondensor (C)
- Nozzle untuk bottom kolom (D)
- Nozzle untuk uap reboiler (E)

3. Perancangan Mekanis

- Perancangan gasket
- Perancangan bolting
- Perancangan flange

4. Perancangan skirt support dan pondasi

Perancangan Kolom Distilasi

Menentukan jumlah plate

Dari App. A diperoleh data sebagai berikut:

77	Fee	d (F)	Disti	lat (D)	Botte	om (B)
Komponen	X _F	(Kg/Jam)	X _D	(Kg/Jam)	X _B	(Kg/Jam)
H ₂ O	0,0029	54	0,0007	4	0,0040	50
СН ₃ ОН	0,3254	10.720	0,9791	10.707	0,0006	13
C ₂ H ₅ OH	0,6713	31.797	0,0202	317	0,9948	31.480
C ₃ H ₇ OH	0,0004	25	0,0001	2	0,0006	23
Total	1,00	42.596	1,00	11.030	1,00	31.566

Dari App. B diperoleh data sebagai berikut:

Data untuk top product / distilat (D) saat dew point

Komponen	Y _{iD}	Ki	α_{i}	X _i
H ₂ O	0,0007	0,2464	0,4289	0,0027
СН ₃ ОН	0,9791	1,0178	1,7713	0,9620
C ₂ H ₅ OH	0,0202	0,5746	1	0,0351
C ₃ H ₇ OH	0,0001	0,2556	0,4448	0,0004
Total	1,00	_	-	1,00

Data untuk bottom p	product (B) saat	bubble p	oint
---------------------	-----------	---------	----------	------

Komponen	X _{iB}	K _i	α_{i}	$\mathbf{Y_i}$
H ₂ O	0,0040	0,4379	0,4369	0,0018
СН ₃ ОН	0,0006	1,6871	1,6834	0,0010
C ₂ H ₅ OH	0,9948	1,0022	1	0,9970
C ₃ H ₇ OH	0,0006	0,4692	0,4682	0,0003
Total	1,00	_	-	1,00

$$\begin{array}{c} R_{min} & = & 3,5083 \\ \hline R_{min} & = & \frac{3,5083}{3,5083} + 1 \\ & = & 0,7782 \\ R & = & 1,5 \times R_{min} \\ & = & 1,5 \times 3,5083 \\ & = & 5,2625 \\ \hline R + 1 & = & \frac{5,2625}{5,2625} + 1 \\ & = & 0,8403 \end{array}$$

Sehingga dengan pembacaan grafik di FC Geankoplis didapatkan nilai:

$$\frac{N_{\min}}{N} = 0,72$$

Dengan menggunakan metode Fenske dari FC Geankoplis maka dapat dihitung jumlah plate minimum

Diket:
$$\alpha_{LD} = 1,7713$$
 $X_{LD} = 0,9791$ $X_{HD} = 0,0202$ $\alpha_{LB} = 1,6834$ $X_{LB} = 0,0006$ $X_{HB} = 0,9948$ $\alpha_{L,av} = \left(\alpha_{LD} \times \alpha_{LB} \right)^{0,5}$ $= \left(1,7713 \times 1,6834 \right)^{0,5}$ $= 1,7268$ $(X_{LD} \times D/X_{HD} \times D) = \left(0,9791 \times 11.030 / 0,0202 \times 11.030 \right)$ $= 48,5812$ $(X_{HB} \times B/X_{LB} \times B) = \left(0,9948 \times 31.566 / 0,0006 \times 31.566 \right)$ $= 1.702,3578$

$$N_{min} = \log \frac{[(X_{LD} \times D/X_{HD} \times D) \times (X_{HB} \times B/X_{LB} \times B)]}{\alpha_{L,av}}$$

$$= \log \frac{48,5812 \times 1.702,3578}{1,7268}$$

$$= 4,6803 \approx 5 \text{ buah}$$

Jumlah plate actual ditentukan dengan metode Gilliand Correlation:

$$\frac{N - N_{min}}{N+1} = \frac{N_{min}}{N}$$

$$\frac{N - N_{min}}{N+1} = 0,72$$

$$N - N_{min} = 0,72 \times (N+1)$$

$$N - 0,72N = 0,72 + N_{min}$$

$$0,28N = 0,72 + 5$$

$$N = 20,4286 \approx 21 \text{ bush}$$

Jadi jumlah plate actual adalal 21 buah

Menentukan letak feed masuk

Dengan menggunakan metode Kirk-Bride's dari FC Geankoplis maka:

Diket:
$$X_{LF} = 0,3254$$

 $X_{HF} = 0,6713$
 $\log \frac{Ne}{Ns} = 0,206 \log \left[\left(\frac{X_{HF}}{X_{LF}} \right) \times \frac{W}{B} \times \left(\frac{X_{LB}}{X_{HD}} \right)^2 \right]$
 $\log \frac{Ne}{Ns} = 0,206 \log \left[\left(\frac{0,6713}{0,3254} \right) \times \frac{11.030}{31.566} \times \left(\frac{0,0006}{0,0202} \right)^2 \right]$
 $\log \frac{Ne}{Ns} = -0,6628$
 $\frac{Ne}{Ns} = 0,2174$
 $Ne = 0,2174 \text{ Ns}$
 $Ne + Ns = 21$
 $0,2174 \text{ Ns} + Ns = 21$
 $Ns = 17,2502 \approx 18$

Jadi feed masuk pada plate ke-18 dari atas

Menentukan distribusi beban massa pada kolom distilasi

Dari App. B diperoleh data sebagai berikut :

Enriching

V = 2.140,0903 Kmol/Jam = 4.718,0912 lbmol/Jam

L = 1.798,3587 Kmol/Jam = 3.964,7020 lbmol/Jam

Exhausting (Stripping)

V' = 2.140,0903 Kmol/Jam = 4.718,0912 lbmol/Jam

L' = 2.828,0135 Kmol/Jam = 6.234,7021 lbmol/Jam

Menentukan BM Campuran

K	om	pon	en	H ₂ O	СН ₃ ОН	C ₂ H ₅ OH	C ₃ H ₇ OH	Total
BM	[(lb	/lbr	nol)	18	32	46	60	•
		3	X_{D}	0,0027	0,9620	0,0351	0,0004	1,00
	as	Liquid	$BM\times X_{\!_T}$	0,0482	30,7831	1,6134	0,0229	32,4677
	Atas		YD	0,0007	0,9791	0,0202	0,0001	1,00
Enriching		Uap	$BM\times Y_{\underline{I}}$	0,0119	31,3308	0,9271	0,0059	32,2756
Inric		1	X_{F}	0,0029	0,3254	0,6713	0,0004	1,00
H	ah	Liquid	$BM\times X_{\rm F}$	0,0526	10,4113	30,8810	0,0239	41,3688
	Bawah		Y _F	0,0010	0,4535	0,5453	0,0001	1,00
		Uap	$\mathbf{BM} \times \mathbf{Y_{i}}$	0,0185	14,5117	25,0852	0,0089	39,6244
		ď	$\mathbf{X}_{\mathbf{F}}$	0,0029	0,3254	0,6713	0,0004	1,00
Exhausting	Atas	Liquid	$\mathbf{BM} \times \mathbf{X_t}$	0,0526	10,4113	30,8810	0,0239	41,3688
xhar	At		YF	0,0010	0,4535	0,5453	0,0001	1,00
王		Uap	$BM\times Y_{\rm I}$	0,0185	14,5117	25,0852	0,0089	39,6244

			X_B	0,0040	0,0006	0,9948	0,0006	1,00
Exhausting	ap	Liquid	BM × X _g	0,0729	0,0187	45,7609	0,0339	45,8864
khau	Bawah		YB	0,0018	0,0010	0,9970	0,0003	1,00
3		Uap	$BM \times Y_{\rm F}$	0,0319	0,0315	45,8609	0,0159	45,9403

Perhitungan beban distilasi

-		Uap			Liquid	
	V	BM	V × BM	L	BM	L×BM
Enriching	lbmol/Jam	(lb/lbmol)	(lb/Jam)	lbmol/Jam	(lb/lbmol)	(lb/Jam)
Atas	4.718,0912	32,2756	152.279,3833	3.964,7020	32,4677	128.724,7913
Bawah	4.718,0912	39,6244	186.951,3689	3.964,7020	41,3688	164.014,9334
	V'	BM	V' × BM	· L'	BM	L' × BM
Exhausting	lbmol/Jam	(lb/lbmol)	(lb/Jam)	lbmol/Jam	(lb/lbmol)	(lb/Jam)
Atas	4.718,0912	39,6244	186.951,3689	6.234,7021	41,3688	257.922,0971
Bawah	4.718,0912	45,9403	216.750,4756	6.234,7021	45,8864	286.088,1166

Beban distilasi terletak terletak pada Exhausting bagian bawah

L = 286.088,1166 lb/Jam BM = 45,8864 lb/lbmol

V = 216.750,4756 lb/Jam BM = 45,9403 lb/lbmol

Perhitungan densitas campuran

Semua rumus dan referensi perhitungan diambil dari Perry's 8 Edition

Densitas Vapor

Dari App. A & B diketahui:

$$T_0 = 0$$
 °C = 273,15 K

$$P_o = P = 1 atm$$
tekanan atmospheric = operasi

$$\rho_{v} = \frac{BM \times T_{o} \times P}{359 \times T \times P_{o}}$$

$$= \frac{45,9403 \times 273,15 \times 1}{359 \times 351,63 \times 1}$$

$$= 0.0994 \text{ lb/ft}^3 = 1.5923 \text{ kgmol/m}^3$$

Densitas liquid

Densitas liquid pad T = 351,54 Ksuhu bubble pint bottom product

	v	0006 35,6018 0,0208 0954 34,7460 34,5848	Χ _i .ρ	
Komponen	$\mathbf{A_i}$	lb/ft³	lb/ft ³	kgmol/m ³
H ₂ O	0,0040	60,7151	0,2459	0,2188
СН ₃ ОН	0,0006	35,6018	0,0208	0,0104
C ₂ H ₅ OH	0,9954	34,7460	34,5848	12,0434
C ₃ H ₇ OH	0,0000	35,8900	0,0002	0,0001
Total	1,00	.166,9529	34,8517	12,2726

Perhitungan surface tension (σ)

Jumlah Parachor untuk tiap-tiap komponen

Komponen	Xi	ΔP _i	X _i .ΔP _i
H ₂ O	0,0040	54,2	0,2195
СН ₃ ОН	0,0006	86,67	0,0507
C ₂ H ₅ OH	0,9954	126,59	126,0026
C ₃ H ₇ OH	0,0000	165,07	0,0009
Total [P]	1,00	432,53	126,27

$$\sigma = \left\{ [P] \times \frac{(\rho l - \rho v)}{1000} \right\}^{4}$$

$$= \left\{ 126,27 \times \frac{12,2726 - 1,5923}{1000} \right\}^{4}$$

$$\sigma^{4} = 1,3486$$

Perancangan kolom distilasi

1,0776 dyn/cm

Semua rumus dan referensi perhitungan diambil dari Ludwig volume 2

$$W = C \left[\rho_v(\rho_1 - \rho_v)\right]^{0.5}$$

$$D = \left(\frac{4}{\pi} \times \frac{V}{W}\right)^{0.5}$$

dengan asumsi bahwa nilad L_{wi} 60% × D maka diperoleh nilai A_d = 5% A_t $\$_{S} = 2.8 / \Re^2$ harga shell (S) $= \pi \times D \times (T/12) \times \$_S$

harga tray (Tr) =
$$(1-5\%)\times(\pi/4)\times D^2\times\$_{Tr}$$
 $\$_{Tr} = 0.79 / \Re^2$
harga downcomer (Dc) = $60\%\times(T/12)\times\$_{Dc}$ $\$_{Dc} = 0.5 / \Re^2$

harga total = S + Tr + Dc

maka dengan nilai = 1,0776 dyn/cm

(T) Tray			D		Harga (\$)		Total
spacing (in)	С	W	(ft)	Shell	Tray	Downcomer	(\$)
10	25	46,4665	77,0664	564,93	3.500,83	0,25	4.066,00
12	50	604,9857	21,3581	187,88	268,88	0,30	457,06
15	130	1.572,9629	13,2457	145,64	103,42	0,38	249,44
18	200	2.419,9429	10,6790	140,91	67,22	0,45	208,58
20	230	2.782,934	9,9583	146,00	58,45	0,50	204,95
24	270	3.266,9229	9,1911	161,70	49,79	0,60	212,09
30	330	3.992,9057	8,3136	182,83	40,74	0,75	224,32
36	370	4.476,8943	7,8514	207,19	36,34	0,90	244,43

maka diambil nilai = 20 in dengan nilai d = 9,9583 ft karena memiliki harga total paling murah = 119,4992 in

menentukan type aliran:

$$V_m = \frac{V}{\rho_v} = \frac{216.750,4756}{0,0994} = 2.180.431,9278 \text{ ft}^3/\text{Jam} = 605,6755 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q_{m} = \frac{L}{\rho_{l}} = \frac{286.088,1166}{34,8517} = 8.208,7343$$
 $ft^{3}/Jam = 1.023,3555$ gpm

berdasarkan Ludwig dengan nilai d \approx 10 ft dan nilai 900 < L_m < 1400 maka type aliran : "Cascade Double-Pass"

Beban Maksimum:

$$V_{max} = 1.3 \times V_{m} = 787.3782$$
 ft³/s
 $Q_{max} = 1.3 \times Q_{m} = 1.330.3622$ gpm

Beban Minimum:

$$V_{min} = 0.7 \times V_{m} = 423,9729 \text{ ft}^{3}/\text{s}$$

$$Q_{min} = 0.7 \times Q_{m} = 716,3489 \text{ gpm}$$

$$h_{ow max} = \frac{Q_{max}}{2,98 \text{ L}_{w}}^{2/3} \qquad h_{ow min} = \frac{Q_{min}}{2,98 \text{ L}_{w}}^{2/3}$$

untuk sieve tray	$2" \le h_w + h_{ow} = h_l \le 4"$	maka diambil $h_w = 2$ in
------------------	------------------------------------	---------------------------

Lw/D	60%	65%	70%	75%	80%
Lw (in)	71,6995	77,6745	83,6494	89,6244	95,5993
how max (in)	0,3384	0,3209	0,3054	0,2917	0,2794
how min (in)	0,2236	0,2120	0,2018	0,1927	0,1846
hl max (in)	2,3384	2,3209	2,3054	2,2917	2,2794
hl min (in)	2,2236	2,2120	2,2018	2,1927	2,1846

maka diambil optimalisasi diameter kolom distilasi:

$$Lw/D = 60\% \qquad Lw = 71,6995 \text{ in}$$

$$hw - hc = 0,25$$

$$hc = 1,75 \text{ in}$$

$$Ac = Lw \times hc$$

$$= 125,4741 \text{ in}^2 = 0,8713 \text{ ft}^2$$

$$Ad = 5\% \quad A_t$$

$$= 5\% \quad \times \pi/4 D^2$$

$$= 560,7762 \text{ in}^2 = 3,8943 \text{ ft}^2$$

$$A_{dc} = At - 2Ad = 70,0970 \text{ ft}^2$$

$$hd = 0,03 \left(\frac{Q_{max}}{100 A_{dc}}\right)^2$$

$$= 0,0695 \text{ in } < 1'' \text{ memenuhi}$$

Pengecekan terhadap Tray, Downcomer & weeping

dengan asumsi bahwa nilad L_{wi} 60% × D maka diperoleh nilai W = 10% D

Wd = 0,9958 ft

$$r = \frac{1}{2} \times D - \frac{We}{12}$$
 digunakan nilai We = 1,5 "

= 4,8541 ft

 $x = r - Wd + \frac{Ws}{12}$ digunakan nilai Ws = 4 " (calming zone / hw max)

= 4,8541 - 0,9958 + $\frac{4}{12}$

= 4,1916 ft

Aa =
$$2 [x.(x^2 + r^2)^{0.5} . r^2 . arc sin (x/r)]$$

= $102,8800 \text{ ft}^2$

susunan lubang adalah segitiga, maka:

$$Ao = \frac{Aa \times 0,9065}{n^2}$$

$$h_{pw} = 0.2 + 0.05.h_{l max}$$

$$= 0.317$$

$$h_{pm} > h_{pw}$$

N	2,5	3	3,5	4	4,5	
Ao (ft²)	14,9217	10,3623	7,6131	5,8288	4,6055	
U _{o max} (ft/s)	52,7673	75,9848	103,4238	135,0842	170,9659	1
U _{o min} (ft/s)	28,4131	40,9149	55,6898	72,7376	92,0586	
hp (in)	4,2828	4,0047	3,6886	3,3409	2,9689	1
hpm (in)	1,2418	1,1611	1,0695	0,9687	0,8608	>
ht (in)	7,5165	7,2383	6,9223	6,5746	6,2026	
hb (in)	9,9245	9,6463	9,3303	8,9826	8,6106	
hb/(T+hw)	0,4511	0,4385	0,4241	0,4083	0,3914	1

diambil nilai N = 2,5 karena nilai hb/(T+hw) mendekati 0,5

Pengecekan terhadap entrainment dan pelepasan uap dalam downcomer

$$Uc = \frac{Vmax}{Ac} = \frac{787,3782}{0,8713} = 903,6322 \text{ ft/s}$$

$$Tc = T - 2,5 \text{ hl max} = 20 - 5,8461 = 14,1539 \text{ in}$$

$$e = 0,22 \left(\frac{73}{\sigma}\right) \left(\frac{Uc}{Tc}\right)^{3,2} \le 0,1$$

$$= 0,035 \le 0,1 \text{ maka tidak terjadi entrainment dan memenuhi syarat}$$

$$wl = 0,8 \times [h_{ow max}(T + hw + hb)]^{0,5}$$

$$= 2,6296 \text{ in} = 0,2191 \text{ ft}$$

$$\frac{wl}{wd} \le 60\%$$

$$\frac{wl}{wd} = \frac{0,2191}{0.9958} = 22,01\% \text{ memenuhi syarat ...OK}$$

Menentukan dimensi kolom

Jumlah tray actual = 21

Jumlah tray total (= 23 (+1 tray reboiler + 1 tray kondensor)

Tray spacing (T) = 20 in

Diasumsikan bahwa tinggi ruang kosot = 13,12 ft = 157,5 in (Gael Ulrich)

Tinggi $shel = (T \times n) + ruang tinggi ruang kosong$

diameter = 9,9583 ft = 119,4992 in

$$R = 4,9791 \text{ ft} = 59,7496 \text{ in}$$

$$\frac{\text{Tinggi } shell}{\text{diameter}} \geq 5$$
 Gael Ulrich

$$\frac{\text{Tinggi } shell}{\text{diameter}} = \frac{617,4803}{119,4992} = 5,167 \qquad \text{memenuhi syarat ...OK}$$

Volume liquid =
$$\frac{\text{m Feed}}{\rho_1}$$

= $\frac{93.908,1177}{34,8517}$
= $2.694,5083$ ft³/Jam

berdasarkan Gael Ulrich ditentukan waktu ting = 10 menit = 0,1667 jam maka:

volume *liquid* =
$$2.694,5083 \times 0,167$$

= $449,0847$ ft³

tutup atas dan tutup bawah berbentuk standard dished maka:

$$V_{ta} = V_{tb} = 0.0847 \text{ di}^3$$

$$= 0.0847 \times 9.9583^3$$

$$= 83.6439 \text{ ft}^3$$

$$l_a = l_b = 0.169 \text{ di}$$

$$= 0.169 \times 9.9583$$

$$= 1.6829 \text{ ft} = 20.1954 \text{ in}$$

tinggi liquid di dalam kolom distilasi

$$\begin{array}{rclcrcl} volume \ \textit{liquid} &=& V_{shell} &+& V_{tb} \\ V_{shell} &=& volume \ \textit{liquid} &-& V_{tb} \\ \frac{1}{4} \times \pi \times di^2 \times l_{ls} &=& 449,0847 &-& 83,6439 \\ 77,8856 &\times l_{ls} &=& 365,4408 \\ l_{ls} &=& 4,6920 & \text{ft} \\ P_{feed} &=& 1 & \text{atm} \\ P_{operasi} &=& P_{feed} &-& 1 & \text{atm} \\ &=& 1 &-& 1 \\ &=& 0 & \text{atm g} \\ P_{hidrostatik} &=& \frac{\rho \times (l_{ls}-1)}{144} \\ &=& \frac{34,8517 \times (&4,6920 &-& 1)}{144} \end{array}$$

untuk faktor keamanan maka P_{desain} ditambah 5%

0,8936 psig

$$P_{desain} = (100\% + 5\%) \times (P_{operasi} + P_{hidrostatik})$$

$$= 105\% \times (0 + 0,8936)$$

$$= 0,9382 psig$$

diasumsikan bahan yang digunakan:

SA 212 grade B dengan nilai f = 17.500 (saat T = 163,724°F) jenis pengelasan double welded butt joint dengan nilai = 0,8 faktor korosi (C) = 1/16 in

Dari Brownell & Young diperoleh persamaan untuk vertical vessel

$$t_{s} = \frac{p \times R}{(f \times E - 0.6 \times p)} + C$$

$$= \frac{0.9382 \times 59,7496}{17.500 \times 0.8 - 0.6 \times 0.9382} + \frac{1}{16}$$

$$= 0.0665 \text{ in } = \frac{1.0641}{16} \text{ in } \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$do = di + (2 \times t_{s})$$

$$= 119,4992 + (2 \times 0.1875)$$

$$= 119,8742 \text{ in } \text{ distandardkan } 120 \text{ in}$$

$$di = do - (2 \times t_s)$$

$$= 120 - (2 \times 0.1875)$$

$$= 119.6250 \text{ in}$$

untuk tutup standard dished head ditetapkan:

r = di = 119,6250 in
icr = 6% × di
= 6% × 119,6250
= 7,1775 in = 0,5981 ft
sf =
$$1\frac{1}{2}$$
 in

menentukan tebal tutup standard dished

$$t_{H} = \frac{0,855 \times p \times R}{(f \times E - 0, 1 \times p)} + C$$

$$= \frac{0,8550 \times 0,9382 \times 119,6250}{17.500 \times 0,8 - 0,1 \times 0,9382} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,0694 \text{ in } = \frac{1,1097}{16} \text{ in } \approx \frac{3}{16} \text{ in }$$

menentukan tinggi total kolom distilasi baru

dari Brownel & Young ditentukan untuk menentukan nilai H

AB =
$$52,6350$$
 in
BC = $112,4475$ in
b = $20,2570$ in
H = $t_H + b + s_f = l_a = l_b$
= $0,188 + 20,2570 + 1,5$
= $21,9445$ in = $1,8287$ ft
L = tinggi shell + $l_a + l_b$
= $617,4803 + 21,9445 + 21,9445$
= $661,3693$ in = $55,1141$ ft = $16,7988$ m

Perancangan Nozzle

Perhitungan untuk nozzle-nozzle pada kolom distilasi adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

Asumsi aliran fluida adalah turbulen N_{RE}>2100 maka dari Timmerhouse diperoleh nilai:

$$ID_{ont} = 3.9 \times Q^{0.45} \times \rho^{0.13}$$

Kemudian nilai IDoot distandardkan di Brownell & Young (NPS)

	Nozzle A	Nozzle B	Nozzle C	Nozzle D	Nozzle E
m (lb/jam)	93.908,1177	24.316,9907	, 4.620,8161	69.591,1269	13.223,9964
ρ (lb/ft³)	46,1870	0,0919	35,6011	34,8517	0,0994
Q (ft ³ /s)	0,5648	73,5119	0,0361	0,5547	36,9524
ID _{opt} (in)	4,9636	19,7764	1,3912	4,7464	14,6612
NPS (in)	5	20	1½	5	16
Schedule	40	40	40	40	40
OD (in)	5,563	20	1,9	5,563	16
ID (in)	5,047	18,75	1,61	5,047	15
A (in²)	4,3	38	0,799	4,3	24,35

Untuk nozzle dipilih standard flanges dengan type welding neck, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai sebagai berikut:

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	В
A	5	10	15/16	7 ⁵ / ₁₆	67/16	5,56	3½	5,05
В	20	271/2	111/16	23	22	20	511/16	19,25
C	11/2	5	11/16	21/8	2 ⁹ /16	1,9	27/16	1,61
D	5	10	15/16	7 ⁵ /16	29/16	5,56	27/16	5,05
E	16	231/2	17/16	18½	18	16	5	15,25

Perancangan Mekanis

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan, maka antara tutup dengan shell kolom distilasi dihubungkan dengan sistem flange dan bolting.

Diasumsikan bahan untuk flange, bolting, dan gasket adalah sebagai berikut:

Seluruh dasar asumsi dan dasar perhitungan diambil dari Brownel & Young

- Flange

Type : Ring Flange (Loose Type)

Bahan : SA-266 Grade III

Minimum tensile : 75.000

Allowable stress (f) : 18.750 lb/in²

- Bolting

Bahan : SA-261 Grade BO

Minimum tensile : 100.000

Allowable stress (f) : 16.250 lb/in²

- Gasket

Bahan : Solid Flat Metal (Soft Alumunium)

Gasket Factor (m): 4,0

Minimum design seating stress (y) : 8.800

Menentukan lebar gasket

diasumsikan

di gasket = do shell = 120 in
tebal gasket =
$$\frac{1}{16}$$
 in
do _ (y - p.m)^{0,5}

$$\frac{do}{di} = \left(\frac{y - p.m}{y - p(m+1)}\right)^{0,5}$$

$$= \frac{8.800 - (0.9382.4)}{8.800 - 0.9382(4+1)}^{0.5}$$

$$= 1,0001 \quad \text{maka}:$$

$$\text{do } gasket = 120 \times 1,0001$$

$$= 120,0128 \text{ in}$$

$$= \frac{120,0128 - 120}{2}$$

$$= 0,0032 \times \frac{16}{16} = \frac{0.0512}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\text{diameter rata-rata } gasket \text{ (G)} = \text{di} + \text{N}$$

$$= 120,0064 + 0.0625$$

$$= 120,0689 \text{ in}$$

Menentukan jumlah dan ukuran bolt

beban supaya gasket tidak bocor (H_v)

$$H_y = W_{m2} = b.\pi.G.y$$
 $bo = \frac{N}{2} = \frac{0,0625}{2} = 0,0313$ karena $bo < 0,25$ maka: $b = bo$
 $H_y = W_{m2} = 0,0313 \times 3,14 \times 120,0689 \times 8800$
 $= 103.732,0832$ lb

beban gasket tanpa beban (H₀)

$$H_p = 2.b.\pi.G.m.p$$

= $2 \times 0,0313 \times 3,14 \times 120,0689 \times 4 \times 0,9382$
= $88,4779$ lb

beban gasket karena internal pressure (H)

$$H = \frac{\pi \times G^{2} \times p}{4}$$

$$= \frac{3,14 \times 120,0689^{2} \times 0,9382}{4}$$

$$= 10.618,0632 \text{ lb}$$

total berat pada kondisi operasi

$$W_{m1} = H_p + H$$

= 88,4779 + 10.618,0632
= 10.706,5412 lb

karena nilai $W_{m2} > W_{m1}$, maka yang mengontrol beban saat operasi adalah W_{m2} luas bolting minimum area (A_m)

$$A_{\rm m} = \frac{W_{\rm m2}}{f} = \frac{103.732,0832}{16.250} = 6,3835$$
 in

jumlah bolt minimum

digunakan bolt ukuran ¾ in maka dari Brownel & Young diperoleh :

Root Area (Ab) =
$$0.302 \text{ in}^2$$

Bolt spacing (Bs) = 3 in
Min radial distance (R) = $1\frac{1}{2}$ in

Edge distance (E) =
$$1^{3}/_{16}$$
 in

bolting minimum (Nm) =
$$\frac{Am}{Ab} = \frac{6,3835}{0,302} = 21,14$$

bolting circle diameter (C) =
$$ID_{shell}$$
 + 2(1,415go +R)

dengan go = tebal shell (ts) = $\frac{3}{16}$ in maka :

C =
$$119,6250 + 2(1,415 \times \frac{3}{16} + \frac{1}{8})$$

= $122,4056$ in

diameter luar flange

flange OD = C + 2E
=
$$122,4056 + (2 \times 1^{3}/_{16})$$

= $124,7806$ in

pengecekan lebar gasket

$$A_{b \text{ actual}} = N \times Ab$$

$$= 24 \times 0,302 = 7,248 \text{ in}^2$$

$$lebar \textit{gasket minimum} = \frac{A_{b \text{ actual}} \times f}{2 \times \pi \times y \times G}$$

$$= \frac{7,248 \times 16.250}{2 \times 3,14 \times 8800 \times 120,0689}$$

$$= 0,0177 \approx \frac{1}{16} < t_s (\frac{3}{16}) \text{ memenuhi OK}$$

perhitungan moment

untuk keadaan bolting-up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{(Ab + Am) \times f}{2}$$

$$= \frac{(0,302 + 6,3835) \times 16250}{2} = 54.319,7916 \text{ lb}$$

lever arm moment (h_G)

$$h_G = \frac{C - G}{2} = \frac{122,4056}{2} - \frac{120,0689}{2} = 1,1684$$
 in

flange moment (Ma)

$$\underline{M}_{a} = W \times \underline{h}_{G}$$
= 54.319,7916 × 1,1684
= 63.465,1982 in-lb

moment M_D, M_T, M_G

$$\begin{array}{lll} H_D &=& 0.785 \times B^2 \times p & \text{dimana } B = OD_{shell} &=& 120 \quad in \\ \\ H_T &=& H \quad - \quad H_D & \\ \\ H_G &=& W \quad - \quad H & \text{dalam keadaan operasi } W = W_{ml} = \quad 10.706,5412 \quad lb \\ \\ h_D &=& \frac{C \quad - \quad B}{2} & h_G &=& \frac{C \quad - \quad G}{2} & h_T &=& \frac{h_D \quad - \quad h_G}{2} \end{array}$$

$$M_x = H_x \times h_x \qquad M_o = \Sigma M_x$$

$$H_D(lb) \qquad H_T(lb)$$

H _D (lb)	H _T (lb)	H _G (lb)		
10.605,8806	12,1826	88,4779		
h _D (in)	h _T (in)	h _G (in)		
1,2028	0,0172	1,1684		
M _D (in-lb)	M _T (in-lb)	M _G (in-lb)		
12.756,8858	0,2098	103,3743		
M _O (in-lb)	12.860,4699			

karena Ma > Mo maka M_{max} = Ma = 63.465,1982 in-lb

Menentukan tebal flange

$$t = \frac{Y \times M_{\text{max}}}{f \times B}^{0,5}$$

$$K = \frac{A}{B} \qquad \text{dimana: } A = \text{OD flange} = 124,7806 \text{ in}$$

$$B = \text{ID shell} = 119,6250 \text{ in}$$

$$= \frac{124,7806}{119,6250} = 1,0431 \qquad \text{maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:}$$

$$Y = 45 \qquad \text{(Fig. 12-22)}$$

$$t = \left(\frac{45}{18.750} \times \frac{63.465,1982}{119,6250}\right)^{0,5}$$

$$= 1,1284 \text{ in distandardkan menjadi } 1\frac{1}{4} \text{ in}$$

Perancangan Penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom distilasi dan perlengkapannya. Bebanbeban yang ditahan oleh kolom penyangga terdiri dari :

berat shell

tebal shell = 0,1875 in = 0,0156 ft
tinggi shell = 617,4803 in = 51,4567 ft
OD shell = 120 in = 10 ft
keliling =
$$\pi \times \text{OD}$$

= 3,14 × 10 = 31,4159 ft
luas = keliling × tebal
= 31,4159 × 0,0156 = 0,4909 ft²
volume = luas × tinggi
= 0,4909 × 51,4567 = 25,2587 ft³
dari Perry diperoleh densitas steel ρ = 489 lb/ft³
berat shell (Ws) = volume × ρ
= 25,2587 × 489 = 12.351,5263 lb

berat tutup

$$V = 0.0847 \times [(di + t_H)^3 - di^3]$$

$$= 0.0847 \times [(9.9688 + 0.0156)^3 - 9.9688]^3]$$

$$= 0.3952 \text{ ft}^3$$

$$W_{dh} = V \times \rho$$

$$W_{dh} = 0,3952 \times 489$$

$$= 193,2393 \text{ lb}$$
maka berat 2 tutup = 386,4786 lb

berat downcomer

luas downcomer = Ad
= 3,8943
$$\text{ft}^2$$

volume = luas × t_h
= 3,8943 × 0,0156
= 0,0608 ft^3

berat downcomer (Wdc) = volume
$$\times \rho \times \text{jumlah plate}$$

= 0,0608 \times 489 \times 23
= 684,3588 lb

berat tray

ditetapkan berat
$$/tray = 25$$
 lb/ft²

luas $tray = Ao = 14,9217$ ft²

berat $tray$ (Wtr) = berat $/tray \times luas \times jumlah$ tray

= 25 × 14,9217 × 23

= 8.579,9888 lb

diasumsikan penyangga tray yang digunakan jenis equal angles

ukuran =
$$1\frac{1}{2}$$
" × $1\frac{1}{2}$ " × $3\frac{1}{16}$ "
berat = 1,8 lb/ft
Wpt = 3 × berat × jumlah tray × ($2\frac{1}{2}$ /12)
= 15,5250 lb

berat larutan

WI = volume larutan ×
$$\rho_1$$

= 449,0847 × 34,8517
= 15.651,3529 lb

berat pipa

pipa yang ada meliputi pipa untuk feed, top product, bottom, kondensor, dan reboiler ditetapkan = $2 \times L$ = $2 \times 55,1141 = 110,2282$ ft

diambil rata-rata ukuran pipa 5 in sch 40, maka berat pipa 14,62 lb/ft

berat attachment

berat attachment meliputi nozzle, valve, dan alat-alat kontrol

Maka berat total yang harus ditopang penyangga adalah:

$$W \text{ total} = W_S + W dh + W dc + W t + W p t + W l + W p + W a$$

= 41.504,0418 lb (W_{dw})

Perancangan skirt support

diasumsikan tinggi
$$skit = 10$$
 ft = 120 in (Brownell & Young)
maka tinggi $skirt$ ke top kolom (H) = tinggi $skirt + L - l_b$
= 10 + 55,1141 - 21,9445
= 43,1696 ft = 518,0352 in

stress karena angin

$$f_{wb} = \frac{15,89 \times (do + di)/2 \times H^2}{do^2 \times t}$$

$$= \frac{15,89 \times (120 + 119,625)/2 \times 518,0352^2}{120^2 \times t}$$

$$= \frac{35.479,8739}{t}$$

stress dead weight

$$f_{wb} = \frac{\text{Wtotal}}{\pi \times \text{do} \times \text{t}}$$

$$= \frac{41.504,0418}{3,14 \times 120 \times \text{t}}$$

$$= \frac{110,0929}{41.504,0418}$$

stress kompresi maksimum

$$f_{c max} = 120.000 \text{ psi}$$
 (Brownell & Young)
 $120.000 = \frac{35.479,8739}{t} + \frac{110,0929}{t}$
 $t = 0,2966 \text{ in}$
jadi tebal *skirt* = 0,2966 in $\approx \frac{5}{16}$ in

Perancangan bearing plate

diasumsikan nilai three concrete mixes = 6 galon air terkandung per 94 lb sak semen maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$f_{c max} = 1.200 \text{ psi}$$

$$n = 10$$

$$f_s = 20.000 \text{ psi} \quad \text{(nilai } f_s \text{ untuk } \text{steel } \text{skirt} \text{)}$$

$$f_{c' (bolt \, circle)} = 1.000 \text{ psi}$$

$$d_{eff} = \frac{(\text{di} + \text{do})_{vessel}}{2} = 119,8125 \text{ in } = 9,9844 \text{ ft}$$

$$t_3 = \frac{([7+\text{do}] - \text{di})_{vessel}}{2} = 3,6875 \text{ in } = 0,3073 \text{ ft}$$

$$P_w = 25 \text{ lb/ft}^2 \quad \text{(daerah } \text{intermediate } \text{maximum } \text{wind } \text{velocities} \text{)}$$

bending moment pada puncak kolom (Mw)

$$M_{w} \equiv \frac{1}{2} \times P_{w} \times H^{2} \times d_{eff}$$

$$= \frac{1}{2} \times 25 \times 43,1696^{2} \times 9,9844$$

$$= 232.587,8035 \text{ lb-ft}$$

$$k = \frac{1}{1 + (f_{s}/n.f_{c'}(bolt circle))}$$

$$= \frac{1}{1 + (20000 / [10 \times 1000])} = 0,3333$$

$$f_{c(bolt circle)} = f_{c'}(bolt circle) \times \frac{2 \times k \times do}{(2 \times k \times do) + t_{3}}$$

$$= 955,9373 \text{ psi} < 1.000 \text{ psi} \text{ (memenuhi OK)}$$

$$dengen piloi k = 0.3333 \text{ poles deri Preventil & Verse discuss the circle}$$

dengan nilai k = 0,3333, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai :

$$C_t = 1,588$$
 $z = 0,431$

$$C_c = 2.376$$
 j = 0.782

tensile load (F_t)

$$F_{t} = \frac{M_{w} - (W_{dw} \times z \times do)}{j \times do}$$

$$= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,431 \times 10)}{0,782 \times 10}$$

$$= 6.867,6961 \text{ lb}$$

diasumsikan akan digunakan bolting ukuran:

$$d = 2\frac{1}{2} \text{ in}$$

$$A = 3,715 \text{ in}^{2}$$

$$n = 24$$

$$t_{1} = \frac{n \times A}{\pi \times do} = \frac{24 \times 3,715}{3,14 \times 10} = 0,2365 \text{ in}$$

$$f_{s} = \frac{F_{t}}{t_{1} \times (do/2) \times C_{t}}$$

$$= \frac{6.867,6961}{0,2365 \times (120/2) \times 1,588} = 304,7687 \text{ psi}$$

$$F_{c} = F_{t} + W_{dw}$$

$$= 6.867,6961 + 41.504,0418$$

$$= 48.371,7379 \text{ lb}$$

$$t_{2} = t_{3} - t_{1}$$

$$= 3,6875 - 0,2365 = 3,4510 \text{ in}$$

$$f_{c} = \frac{F_{c}}{(t_{2} + nt_{1}) \times (do/2) \times C_{c}}$$

$$= \frac{48.371,7379}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 2,376} = 37,1759 \text{ psi}$$

$$k = \frac{1}{1 + (f_{3}/n.f_{c})}$$

$$= \frac{1}{1 + (304,7687/[10 \times 37,1759])} = 0,5495 \qquad 39,34\%$$

dengan nilai k = 0,5495, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$C_t = 2,454$$
 $z = 0,439$
 $C_c = 1,494$ $j = 0,781$

tensile load (F1)

tensile load (F_t)
$$\bar{F}_t = \frac{M_w - (W_{dw} \times z \times do)}{j \times do}$$

$$= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,439 \times 10)}{0,781 \times 10}$$

$$= 6.451,3521 \text{ lb}$$

$$\cdot f_s = \frac{F_t}{t_1 \times (do/2) \times C_t}$$

$$= \frac{6.451,3521}{0,2365 \times (120/2) \times 2,454} = 185,2618 \text{ psi}$$

$$F_c = F_t + W_{dw}$$

$$= 6.451,3521 + 41.504,0418$$

$$= 47.955,3939 \text{ lb}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \times (do/2) \times C_c}$$

$$= \frac{47.955,3939}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 1,494} = 91,9832 \text{ psi}$$

$$k = \frac{1}{1 + (f_s/n.f_c)}$$

$$= \frac{1}{1 + (185,2618 / [10 \times 91,9832])} = 0,8324 \quad 33,98\%$$

dengan nilai k = 0,8324, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$C_t = 1,854$$
 $z = 0,378$ $C_c = 2,141$ $j = 0,785$

tensile load (F₁)

$$F_{t} = \frac{M_{w} - (W_{dw} \times z \times do)}{j \times do}$$

$$= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,378 \times 10)}{0.785 \times 10}$$

$$\begin{split} &= 9.643,6338 \quad lb \\ &f_s = \frac{F_t}{t_1 \times (\text{do}/2) \times C_t} \\ &= \frac{9.643,6338}{0,2365 \times (120/2) \times 1,854} = 366,5564 \quad \text{psi} \\ &F_c = F_t + W_{dw} \\ &= 9.643,6338 \quad + \quad 41.504,0418 \\ &= 51.147,6756 \quad lb \\ &f_c = \frac{F_c}{(t_2 + \text{nt}_1) \times (\text{do}/2) \times C_c} \\ &= \frac{51.147,6756}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 2,141} = 68,4590 \quad \text{psi} \\ &k = \frac{1}{1 + (f_s/n.f_c)} \\ &= \frac{1}{1 + (366,5564 / [10 \times 68,459])} = 0,6513 \quad 27,80\% \end{split}$$

dengan nilai k = 0,6513, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$C_t = 2,231$$
 $z = 0,417$
 $C_c = 1,570$ $j = 0,784$

tensile load (F_t)

$$F_{t} = \frac{M_{w} - (W_{dw} \times z \times do)}{j \times do}$$

$$= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,417 \times 10)}{0,784 \times 10}$$

$$= 7.591,3200 \text{ lb}$$

$$f_{s} = \frac{F_{t}}{t_{1} \times (do/2) \times C_{t}}$$

$$= \frac{7.591,3200}{0,2365 \times (120/2) \times 2,231} = 239,7881 \text{ psi}$$

$$F_{c} = F_{t} + W_{dw}$$

$$= 7.591,3200 + 41.504,0418$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \times (do/2) \times C_c}$$

$$= \frac{49.095,3618}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 1,57} = 89,6112 \text{ psi}$$

$$k = \frac{1}{1 + (f_s/n.f_c)}$$

$$= \frac{1}{1 + (239,7881 / [10 \times 89,6112])} = 0,7889$$

$$17,44\%$$

dengan nilai k = 0,7889, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$C_t = 1,945$$
 $z = 0,387$
 $C_c = 2,054$ $j = 0,786$

tensile load (F_t)

$$F_{t} = \frac{M_{w} - (W_{dw} \times z \times do)}{j \times do}$$

$$= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,387 \times 10)}{0,786 \times 10}$$

$$= 9.156,1274 \text{ lb}$$

$$f_{s} = \frac{F_{t}}{t_{1} \times (do/2) \times C_{t}}$$

$$= \frac{9.156,1274}{0,2365 \times (120/2) \times 1,945} = 331,7432 \text{ psi}$$

$$F_{c} = F_{t} + W_{dw}$$

$$= 9.156,1274 + 41.504,0418$$

$$= 50.660,1692 \text{ lb}$$

$$f_{c} = \frac{F_{c}}{(t_{2} + nt_{1}) \times (do/2) \times C_{c}}$$

$$= \frac{50.660,1692}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 2,054} = 70,6786 \text{ psi}$$

$$k = \frac{1}{1 + (f_{c}/n_{c}f_{c})}$$

$$= \frac{1}{1 + (331,7432 / [10 \times 70,6786])} = 0,6806 \qquad 15,92\%$$

dengan nilai k = 0,6806, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$C_t = 2,181$$
 $z = 0,411$ $C_c = 1,881$ $j = 0,785$

tensile load (Ft)

$$F_{t} = \frac{M_{w} - (W_{dw} \times \underline{z} \times do)}{j \times do}$$

$$= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,411 \times 10)}{0,785 \times 10}$$

$$= 7.898,8779 \quad lb$$

$$f_{s} = \frac{F_{t}}{t_{1} \times (do/2) \times C_{t}}$$

$$= \frac{7.898,8779}{0,2365 \times (120/2) \times 2,181} = 255,2228 \quad psi$$

$$F_{c} = F_{t} + W_{dw}$$

$$= 7.898,8779 + 41.504,0418$$

$$= 49.402,9197 \quad lb$$

$$f_{c} = \frac{F_{c}}{(t_{2} + nt_{1}) \times (do/2) \times C_{c}}$$

$$= \frac{49.402,9197}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 1,881} = 75,2637 \quad psi$$

$$k = \frac{1}{1 + (f_{s}^{f}/n.f_{c})}$$

$$= \frac{1}{1 + (255,2228 / [10 \times 75,2637])} = 0,7468 \quad 8,87\%$$

dengan nilai k = 0,7468, maka dari Brownell & Young diperoleh nilai:

$$C_t = 2,062$$
 $z = 0,399$
 $C_c = 1,963$ $j = 0,786$

$$\begin{split} F_t &= \frac{M_w - (W_{dw} \times z \times do)}{j \times do} \\ &= \frac{232587,8035 - (41504,0418 \times 0,399 \times 10)}{0,786 \times 10} \\ &= \frac{8.522,4779}{0,786 \times 10} \\ &= \frac{F_t}{t_1 \times (do/2) \times C_t} \\ &= \frac{8.522,4779}{0,2365 \times (120/2) \times 2,062} = 291,2642 \text{ psi} \\ F_c &= F_t + W_{dw} \\ &= 8.522,4779 + 41.504,0418 \\ &= 50.026,5197 \text{ lb} \\ f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \times (do/2) \times C_c} \\ &= \frac{50.026,5197}{(3,451 + [24 \times 0,2365]) \times (120/2) \times 1,963} = 73,0300 \text{ psi} \\ k &= \frac{1}{1 + (f_s/n.f_c)} \\ &= \frac{1}{1 + (291,2642/[10 \times 73,03])} = 0,7149 + 4,46\% \text{ OK} \\ f_{c (max induced)} &= f_{c' (bolt circle)} \times \frac{(2 \times k \times do) + t_3}{2 \times k \times do} \\ &= 74,5996 \text{ psi} < 1.000 \text{ psi} \text{ (memenuhi OK)} \\ l &= t_3 = 3,6875 \text{ in} \\ t_4 &= l \times (3.f_{c (max induced)})/f_3)^{0.5} \\ &= 3,6875 \times ([3 \times 74,5996]/20000)^{0.5} \\ &= 0.3901 \text{ in } \approx \frac{3}{8} \text{ in} \end{split}$$

diasumsikan bearing plate diperkuat dengan 24 gusset

$$b = \frac{\pi \times do}{24} = \frac{3,14 \times 120}{24} = 15,7080$$

$$\frac{1}{b} = \frac{3,6875}{15,7080} = 0,2348$$

maka dari Brownell Young diperoleh nilai:

$$M_{\text{max}} = M_{\text{y}} = -0.449 f_{\text{c}} l^{2}$$

$$= -0.449 \times 74.5996 \times 3.6875^{2}$$

$$= -455.4566 \text{ lb-in}$$

$$t_{4} = (6.M_{\text{max}})/f_{\text{s}})^{0.5}$$

$$= ([6 \times 455.4566] / 20000)^{0.5}$$

$$= 0.3696 \text{ in } \approx \frac{1}{2} \text{ in}$$

Perancangan anchor bolt

dari Brownell Young ditentukan jumlah chair /anchor bolt untuk nilai diameter skirt = 1

jumlah
$$anchor = 24$$

diameter anchor = 3 in

panjang
$$anchor = 18$$
 in

Perancangan pondasi

berat skirt

tebal skirt = 0,75 in = 0,0625 ft
tinggi skirt = 120 in = 10 ft
OD skirt = 120 in = 10 ft
keliling =
$$\pi \times \text{OD}$$

= 3,14 × 10 = 31,4159 ft
luas = keliling × tebal
= 31,4159 × 0,0625 = 1,9635 ft²
volume = luas × tinggi
= 1,9635 × 10 = 19,6350 ft³
dari Perry diperoleh densitas steel ρ = 489 lb/ft³
berat skirt (Ws) = volume × ρ
= 19,6350 × 489 = 9.601,4925 lb

berat pondasi

karena nilai OD = 120 in, maka diasumsikan dimensi pondasi sebagai berikut :

- pondasi berbentuk bujur sangkar

luas tanah untuk pondasi atas = luas pondasi atas

$$= 16.900 \text{ in}^2$$

luas tanah untuk pondasi bawal = luas pondasi bawah

$$=$$
 19.600 in²

trial tinggi pondasi = 36 in

luas rata-rata (A) =
$$\frac{\text{luas pondasi atas} + \text{luas pondasi bawah}}{2}$$

$$= \frac{16.900 + 19.600}{2}$$

$$= 18.250 \text{ in}^2$$

volume pondas = A × tinggi pondasi

$$=$$
 18.250 \times 36

$$= 657.000 \text{ in}^3 = 380,2083 \text{ ft}^3$$

dari Perry diperoleh densitas gravel ρ: 126 lb/ft³

W pondasi = volume
$$\times \rho$$

$$=$$
 380,2083 \times 126 $=$ 47.906,2500 lb

maka berat total beban yang harus ditopang tanas atas pondasi cement sand gravel

$$\Sigma W = W \text{ total} + W \text{ skirt} + W \text{ pondasi}$$

tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{\Sigma W}{A} = \frac{99.011,7843}{18.250} = 5,4253$$
 lb/in²

dari Herman C. Hesse diperoleh nilai safe bearing power of soils untuk jenis material

cement sand and minimur =
$$5 \text{ ton/ft}^2 = 76,5494 \text{ lb/in}^2$$

karena nilai P hitungan < dari ketentuan maka perhitungan memenuhi ..OK

Spesifikasi Kolom distilasi

1. Silinder

Diameter dalam (di: 119,6250 in

Diameter luar (do): 120 in

Tinggi : 617,4803 in

Tebal : $^{3}/_{16}$ in

Bahan konstruksi ; Carbon Steel SA 212 Grade B

2. Tutup Atas & Bawah

Crown radius : 7,1775 in

Tinggi : 21,9445 in

Tebal : $\frac{3}{16}$ in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 212 Grade B

3. Tray

Jumlah : 23

Tray spacing : 20 in

Susunan pitch : Segitiga

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 212 grade B

4. Downcomer

Lebar (Wd) : 11,9499 in

Luas : 560.7762 in^2

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 212 Grade B

5. Nozzles

Diameter nozzle feed : 5 in

Diameter nozzle top product : 20 in

Diameter nozzle refluks : 1½ in

Diameter nozzle uap reboiler : 5 in

Diameter nozzle botom product : 16 in

6. Flange & Gasket

Diameter flange: 124,7806 in

Tebal flange : 11/4 in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-266 Grade III

Lebar gasket

120,0689 in

Diameter gasket

 $^{1}/_{16}$ in

Bahan konstruksi :

Solid Flat Metal (Soft Alumunium)

7. Bolting

Ukuran baut

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

Bolting minimal

24

:

:

Diameter bolt circle

122,4056 in

Bahan konstruksi

Carbon Steel SA-261 Grade BO

8. Skirt Support

Tinggi

: 120 in

Tebal

⁵/₁₆ in

Bahan konstruksi:

Carbon Steel SA 212 Grade B

9. Bearing Plate & Gusset

Type

Single Ring Bearing Plate with Gussets

Diameter

119,8125 in

Tebal

5∕8 in

Jumlah Gusset

24

Tebal Gusset

: ½ in

Bahan konstruksi:

Carbon Steel SA 212 Grade B

10. Anchor Bolt

Panjang

18 in

Diameter:

3 in

Jumlah

24

:

10. Pondasi

Luas pondasi atas

 $130 \times 130 = 16.900 \text{ in}^2$

Luas pondasi bawah

 $140 \times 140 = 19.600 \text{ in}^2$

Tinggi pondasi

36 in

Bahan konstruksi

Cement, Sand and Gravel

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Demi mendapatkan kualitas dan kuantitas produk yang diinginkan maka diperlukan adanya suatu alat kontrol terhadap jalannya suatu proses pada suatu industri. Selain penggunaan alat kontrol, peranan sumber daya manusia sangat penting dalam menentukan hasil suatu produksi. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka perlu adanya suatu bagian yang berfungsi sebagai instrumen untuk mengontrol peralatan dan menjaga keselamatan kerja.

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang sangat penting dalam pengendalian proses suatu industri. Pengendalian proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar harus diperhatikan secara cermat dan akurat. Instrumentasi adalah suatu alat yang berfungsi untuk menujukkan (indicator), mengendalikan (controller) maupun mengamankan (safety) peralatan produksi. Pada industri kimia banyak terdapat variabel-variabel yang perlu diukur dan dikontrol sesuai dengan ketetapan proses.

Instrumentasi digunakan untuk mengatur dan mengendalikan variabel-variabel proses yang selama proses berlangsung. Instrumentasi dapat bekerja baik secara manual, semi otomatis maupun secara otomatis. Variabel-variabel yang dikendalikan umumnya adalah tekanan, temperatur, laju air, ratio laju alir dan tinggi permukan cairan. Penggunaan perangkat instrumentasi umunya bertujuan untuk mendapatkan hasil dengan kualitas dan kuantitas produksi semaksimal mungkin, disamping itu juga dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja.

Dalam Pra Rencana Pabrik Etanol dari *Syngas* ini, instrumentasi yang digunakan mencakup jenis instrumentasi yang bekerja secara otomatis baik dalam mengontrol maupun menunjukkan dimana penggunaannya akan tergantung dari jenis peralatan dan pertimbangan dari segi faktor ekonomi. Adapun tujuan dari pemasangan alat instrumentasi tersebut secara spesifik adalah sebagai berikut:

- 1. Untuk menjaga keamanan operasi suatu peoses, dengan jalan:
 - Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi yang aman.
 - Mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutus hubungan secara otomatis.
- 2. Untuk mendapatkan rate atau laju produksi yang diinginkan sesuai dengan batasanbatasan yang telah direncanakan.

- 3. Untuk menjaga kualitas produksi baik saat proses maupun hasil proses produksi.
- 4. Untuk membantu mempermudah pengoperasian alat.
- 5. Keselamatan dan efisiensi kerja lebih terjamin.

Dalam mendapatkan kondisi sebaik mungkin maka diperlukan pertimbangan khusus dalam memilih instrumentasi yang digunakan pada peralatan proses, adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam pemeliharaan instrumentasi adalah:

- Jenis instrumentasi yang akan digunakan.
- Range yang diperhatikan untuk pengukuran harus sesuai dengan keadaan proses.
- Ketelitian yang diperlukan untuk mengendalikan maupun mengukur keadaan.
- Bahan konstruksi serta pengaruh instrumentasi terhadap kondisi operasi.
- Faktor ekonomi atau keadaan keuangan perusahaan sebagai pertimbangan harga yang harus dipilih.

Pada proses produksi suatu industri terdapat dua jenis instrumentasi yang umum digunakan, adapun instrumentasi tersebut antara lain adalah :

- Indikator : Alat yang digunakan untuk menunjukkan kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.
- Controller: Alat yang dapat digunakan untuk menunjukkan kondisi operasi dan mengendalikannya sehingga sesuai dengan yang direncanakan.

Instrumentasi berupa indicator yang digunakan dalam pabrik ini antara lain :

- 1. Pressure Indicator (PI) : Alat yang berfungsi sebagai penunjuk tekanan pada alat yang beroperasi.
- 2. Level Indicator (LI) : Alat yang berfungsi sebagai penunjuk ketinggian liquida yang ada dalam alat yang beroperasi.

Instrumentasi berupa controller yang digunakan dalam pabrik ini, antara lain:

- 1. Pressure Control (PC) : Merupakan alat yang berfungsi sebagai penunjuk sekaligus pengontrol tekanan dari alat yang sedang beroperasi.
- 2. Temperature Control (TC): Merupakan alat yang berfungsi sebagai penunjuk sekaligus pengontrol suhu dari alat yang sedang beroperasi.
- 3. Flow Control (FC) : Merupakan alat yang berfungsi sebagai penunjuk sekaligus pengontrol laju alir bahan yang akan masuk kedalam alat untuk di proses sehingga aliran bahan yang masuk kedalam alat tetap konstan.

4. Flow Ratio Control (FRC): Merupakan alat yang berfungsi sebagai penunjuk sekaligus pengontrol ratio dari laju alir bahan yang akan masuk kedalam alat sehingga perbandingan antara laju alir bahan yang akan dikembalikan kedalam alat dan yang akan dilanjutkan untuk proses berikutnya tetap konstan dan sesuai dengan rencana.

Pemasangan instrumentasi pada alat-alat proses yang terdapat pada Pabrik Etanol dari Syngas dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 7.1.1. Pemasangan instrumentasi pada pabrik etanol dari syngas

No	Kode Alat	Nama Alat	Instrumentasi	Jumlah
1	F-111	Storage Syngas	PI	1
2	E-112	Heater	TC	1
3	R-110	Reaktor Konversi Etanol	PC, TC	1
4	E-122A,B,C	Cooler	TC	1
5	F-125	Storage Carbon Dioxide	LI	1
6	E-126A,B	Heater	TC	1
7	L-124C	Pompa	FC	1
8	E-127	Condensor Distillation I	TC	1
9	F-128	Akumulator Distillasi I	FRC	1
10	E-129	Reboiler Distillation I	TC	1
11	L-131A	Pompa	FC	1
12	E-132	Condensor Distillation II	TC	1
13	F-133	Akumulator Distillasi II	FRC	1
14	E-134	Cooler	TC	1
15	F-135	Storage Methanol	LI	1
16	E-136	Reboiler Distillation II	TC	1
17	E-137	Cooler	TC	1
18	F-138	Storage Ethanol	LI	1

7.2. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja pada suatu pabrik harus mendapatkan perhatian yang cukup besar dan tidak boleh diabaikan karena menyangkut keselamatan manusia ,keselamatan kerja dan kelancaran kerja. Memperhatikan keselamatan kerja dengan baik dan teratur, secara psikologi akan membuat para pekerja merasa aman sehingga konsentrasi para pekerja pada pekerjaan yang ditanganinya akan meningkat, dengan demikian produktivitas dan efisiensi kerja akan meningkat pula.

Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditujukan pada faktor keselamatan manusia dalam hal ini para pekerja atau karyawan, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada dalam pabrik. Terpeliharanya peralatan dengan baik akan dapat mandatangkan keuntungan lebih karena dengan terpeliharanya peralatan produksi maka peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama. Usaha dalam wujudkan program keselamatan kerja dapat dilakukan dengan mengadakan penyuluhan atau sosialisasi maupun pelatihan akan pentingnya penerapan K₃ di dalam industri khususnya Pabrik Etanol dari *Syngas* ini ini.

Secara umum bahaya yang ada dalam dapat digolongkan dalam 4 macam bahaya yang umumnya terjadi dalam pabrik, adapun bahaya yang harus diperhatikan, antara lain yaitu:

- Bahaya kebakaran dan ledakan
- Bahaya mekanik
- Bahaya kesehatan
- Bahaya listrik

7.2.1. Bahaya kebakaran dan ledakan

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan ledakan bertujuan untuk memperkecil kemungkinan adanya kecelakaan yang membahayakan pekerja, kerusakan pada peralatan serta terhentinya proses produksi, oleh sebab itu diperlukan pengaman yang sebaik-baiknya terhadap segala hal yang dapat terpengaruh akibat bahaya kebakaran dan ledakan. Adapun beberapa penyebab terjadi kebakaran antara lain:

- a. Kemungkinan terjadinya nyala terbuka yang datang dari utilitas, workshop, laboratorium dan unit proses lainnya.
- b. Terjadinya loncatan bunga api pada saklar dan stop kontak serta pada alat lainnya.
- c. Kemungkinan terjadi ledakan pada tangki penyimpan bahan baku karena adanya kenaikan suhu dan tekanan.
- d. Gangguan pada peralatan utilitas seperti combustion dan chamber boiler.

Cara-cara yang dapat digunakan dalam mengatasi bahaya kebakaran dan ledakan, antara lain:

- 1. Pencegahan bahaya kebakaran dan ledakan:
 - a. Penempatan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari power plant tetapi praktis dari unit proses.
 - b. Bangunan seperti workshop, laboratorium dan kantor sebaiknya diletakkan sejauh mungkin dari unit proses.
 - c. Pemasangan instrumen pendeteksi (aliran, temperatur, tekanan) apabila terdapat kebocoran disekitar ruangan proses.
 - d. Bila terpaksa, antara unit yang satu dengan yang lainnya harus dipisahkan dengan dinding beton agar dapat menghindari pengaruh kebakaran dari unit yang satu dengan unit yang lain.
 - e. Pemasangan isolasi yang baik pada seluruh panel transmisi yang ada.
 - f. Diberi tanda-tanda larangan suatu tindakan yang dapat mengakibatkan kebakaran seperti tanda larangan merokok.
 - g. Penempatan bahan-bahan yang mudah terbakar dan meledak ditempat yang tertutup dan jauh dari sumber api.
 - h. Penempatan pipa air yang melingkari seluruh lokasi pabrik.
 - i. Menyiagakan setiap saat unit pemadam kebakaran yang dilengkapi alat-alat penanggulangan bahaya kebakaran dan ledakan yang lengkap.
 - j. Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat panas.
 - k. Pemasangan alat pemadam kebakaran disetiap bagian pabrik atau tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau.

2. Pengamatan dan pengontrolan kebakaran

Pengamanan dan pengontrolan terhadap kebakaran yaitu apabila terjadi kebakaran, api harus segera diisolir dan diusahakan dapat diketahui kemungkinan apa saja yang akan terjadi dan bagaimana cara mengatasinya. Jika dirasa kebakaran tidak dapat diatasi sendiri oleh pabrik, maka segera hubungi unit pemadam kebakaran setempat. Sebelum memakai alat-alat pemadam kebakaran harus diketahui jenisjenis api berdasarkan kelasnya, adapun jenis api dapat dibedakan atas:

a. Kelas A

Api yang ditimbulkan oleh barang-barang yang dapat terbakar seperti kayu, kertas dan kotoran-kotoran yang terdapat di dalam pabrik. Penanganan untuk jenis api ini diperlukan pembahasan pada bagian yang terbakar dan sekitarnya.

b. Kelas B

Api yang ditimbulkan oleh cairan yang mudah terbakar seperti residu dan bahan bakar. Penanganan untuk api jenis ini dapat dengan cara memberikan penutup atau pembungkus bahan-bahan tersebut.

c. Kelas C

Api dari perlengkapan listrik atau dari hubungan pendek. Penanganan api jenis ini yaitu pemadaman alat harus dilakukan saat alat tidak mengandung listrik

d. Kelas D

Api yang ditimbulkan oleh bahan-bahan yang mudah meledak. Untuk hal ini diperlukan jenis pengamatan tertentu.

Adapun media atau zat-zat yang dapat digunakan untuk jenis-jenis api di atas antara lain sebagai berikut :

- Dry Chemical Extinguished untuk jenis api kelas A,B,C dan D
- Soda Extinguished untuk jenis api kelas A, C dan D

7.2.2. Bahaya mekanik

Bahaya mekanik biasanya disebabkan oleh pengerjan konstruksi yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan, sehingga dapat mempengaruhi kenyamanan serta keamanan para pekerja dalam melaksanakan tugasnya. Bentuk kerusakan yang umum adalah karena panas dan ledakan. Kejadian ini selain mengakibatkan kerugian material juga dapat mengakibatkan cacat atau meninggalnya pekerja. Secara umum tindakan pencegahan yang dilakukan untuk menghindari bahaya mekanik antara lain adalah sebagai berikut:

- Perencanaan tangki dan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai serta pemberian alat pengaman bagi proses-proses yang berbahaya.
- Sistem penerangan yang baik.
- Pemasangan tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja ditempat-tempat yang dianggap berbahaya.
- Pengaturan peralatan sedemikian rupa sehingga para pekerja dapat mengoperasikannya dengan aman.

Adapun beberapa kemungkinan kecelakaan mekanik yang dapat ter jadi antara lain:

a. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor-faktor korosi dan lain-lain.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur kontrol.

b. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan karena reaktor adalah sebagai berikut :

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain.
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi karena reaksi bersifat eksotermis.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai, temperatur kontrol, pressure kontrol, flow kontrol dan lain-lain.

c. Perpipaan

Kecelakaan yang terjadi karena perpipaan antara lain karena kebocoran zat-zat yang berbahaya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kebocoran perpipaan antara lain :

- Pemasangan pipa hendaknya pada tempat tinggi atau ditempat-tempat yang jarang dilalui pekerja dan diusahakan pemasangan pipa tidak didalam tanah karena menimbulkan kesulitan bila terjadi kebocoran.
- Sebelum dipakai hendaknya dicoba kekuatan tekanan dan kekuatan terhadap suhu, terutama pada daerah sambungan.
- Pemasangan valve yang mudah terjangkau.
- Pemasangan isolasi yang baik untuk mencegah kecelakaan luka bakar karena tersentuh pipa aliran panas, juga untuk mencegah lolosnya panas dalam proses.

Kerusakan yang disebabkan secara mekanis terutaman karena pengaruh panas maupun tekanan yang tinggi dapat dicegah dengan pemasangan alat-alat pengaman seperti safety valve, isolator panas dan lain-lain.

7.2.3. Bahaya kesehatan

Dalam menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan jiwa orang lain. Pengetahuan akan bahaya masing-masing alat sangatlah penting untuk diketahui oleh semua karyawan terutama operator kontrol. Baik didukung oleh kualitas peralatan yang memadai dan selalu terawat dengan baik.

Karyawan harus menggunakan pelindung diri seperti helm, sepatu, sarung tangan dan masker. Selain itu untuk menghindari bahaya mekanik maka alat-alat yang bergerak harus diberi pengaman. Jika tindakan bertujuan untuk menghindari panas maka alat-alat seperti : reaktor, heater dan lain-lain dapat menggunakan isolator panas sebagai pengaman.

Selain itu, bahaya kesehatan karyawan perlu diwaspadai. Umumnya berasal dari bahan baku, bahan yang diproses dan produk. Karena itu usahakan agar ruangan proses maupun ruangan lainnya memiliki ventilasi yang cukup agar pertukaran udara dapat berlangsung dengan baik. Adapun jenis-jenis alat keselamatan kerja yang disediakan untuk kemudian digunakan sesuai peruntukannya adalah sebagai berikut:

Tabel 7.2.3.1. Tabel alat keselamatan kerja pabrik etanol dari syngas

No	Nama Alat Pengaman	Lokasi Penggunaan	
1	Alat Pelindung Diri (APD) a. Masker penyerap uap/mist b. Seragam dan helm pengaman c. Sepatu pengaman d. Sarung tangan	Petugas diruangan kerja yang bekerja pada areal proses Petugas disemua ruangan Alat-alat proses dan perpipaan dengar aliran panas Petugas disemua ruangan Kabel-kabel listrik Alat penukar panas dan diareal proses	
2	Hydran/unit pemadam kebakaran	Petugas disemua ruangan	
3	Isolasi panas	Petugas disemua ruangan Alat-alat proses dan perpipaan dengan aliran panas Petugas disemua ruangan	
4	Alarm Kebakaran	Petugas disemua ruangan Alat-alat proses dan perpipaan dengan aliran panas Petugas disemua ruangan Kabel-kabel listrik Alat penukar panas dan diareal proses	
5	Isolasi dan panel-panel	Kabel-kabel listrik	
6	Pagar pelindung	Alat penukar panas dan diareal proses yang beresiko menimbulkan kecelakaan	
7	Kotak P ₃ K	Petugas disemua ruangan	

7.2.4. Bahaya listrik

Bahaya pengopersian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu diperhatikan, salah satunya dengan menggunakan pengaman pada alat serta menggunakan alat pengaman diri yang disediakan oleh pabrik, sehingga proses produksi dan keselamatan para pekerja dapat selalu terjamin. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam usaha untuk mencegah bahaya yang ditimbulkan oleh listrik adalah sebagai berikut:

- Peralatan yang penting seperti transformator diletakkan ditempat yang aman dan tersendiri
- Peralatan listrik yang ditanam dibawah tanah hendaknya diberi tanda dengan jelas.

Selain hal-hal tersebut diatas, harus diperhatikan pula syarat-syarat yang harus diterapkan terhadap jenis maupun penempatan dari alat tersebut, yang antara lain :

- Penerangan harus cukup agar operator tidak kesulitan dalam pengerjaan maupun perbaikan instalasi listrik.
- Kabel-kabel listrik yang diletakkan berdekatan harus dilengkapi dengan isolator
- Letak alat-alat harus diletakkan sedemikian rupa sehingga para pekerja dapat bekerja dengan leluasa dan mempermudah para pekerja dalam melakukan perbaikan alat maupun instalasi listrik.
- Sebaiknya dilakukan pengontrolan secara periodik terhadap seluruh peralatan dan instalasi listrik pabrik.

BAB VIII

UTILITAS

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

- 1. Unit penyediaan air
 - a. Air umpan boiler
 - b. Air pendingin
 - c. Air sanitasi
- 2. Unit penyediaan steam
- 3. Unit penyediaan tenaga listrik
- 4. Unit penyediaan bahan bakar
- 5. Unit Penyediaan nitrogen cair

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 Etanol dari *Syngas* ini ada beberapa keperluan air, adapun keperluan tersebut 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 mieral-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 tinggi
- 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 Ca²⁺, Mg²⁺ dan anion-anion seperti SO₄²⁻, Cl⁻ dan SO₃²⁻. Untuk itu diperlukan treatment secara lebih sempurna. Air umpan *boiler* mempunyai syarat sebagai berikut:

- Total padatan (total dissolved solid) = 3500 ppm - Padatan terlarut (suspended solid) = 300 ppm

- Alkalinitas = 700 ppm

- Silika = 60-100 ppm

- Besi = 0,1 ppm - Tembaga = 0,5 ppm - Oksigen = 0,007 ppm

- Kesadahan (hardness) = 0

- Kekeruhan (turbidity) = 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 muncunya busa adalah disebabkan oleh adanya soulbe matter, suspended metter 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 shingga 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 consentration. 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 Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, SiO₂ dan Al₂O₃. 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 terbentik 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 CO₂, O₂ yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu:

$$Fe^{2+} + 2H_2O \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2H^+$$

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:

$$4H^{+} + O_{2} \longrightarrow 2H_{2}O$$

 $4Fe(OH)_{2} + O_{2} + 2H_{2}O \longrightarrow 4Fe(OH)_{3}$

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 Deacidite (DOH) sehingga terjadi reaksi sebagai berikut:

2DOH +
$$H_2SO_4$$
 \longrightarrow $D_2SO_4 + 2H_2O$
2DOH + 2 HCl \longrightarrow 2DCl + $2H_2O$
2DOH + 2 HNO₃ \longrightarrow 2DNO₃ + 2 H_2O

Setelah keluar dari tangki anion exchanger, air yang telah bebas dari ion-ion penggangu 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:

$$CaZ + H_2SO_4 \longrightarrow H_2Z + CaSO_4$$

$$Na_2Z + H_2SO_4 \longrightarrow H_2Z + Na_2SO_4$$

$$MgZ + H_2SO_4 \longrightarrow H_2Z + MgSO_4$$

$$CaZ + 2HC1 \longrightarrow H_2Z + CaCl_2$$

$$Na_2Z + 2 HC1 \longrightarrow H_2Z + 2 NaCl$$

$$MgZ + 2 HC1 \longrightarrow H_2Z + MgCl$$

Regenerasi De-acidite (DOH) dilakukan dengan menggunakan larutan sodium hydroxide atau caustik soda dengan reaksi sebagai berikut :

$$D_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2DOH + Na_2SO_4$$
 $DCl + NaOH \longrightarrow DOH + NaCl$
 $DNO_3 + NaOH \longrightarrow DOH + NaNO_3$

Setelah keluar dari demineralizer, air umpan boiler ditampung dalam tangki penampung umpan boiler untuk kemudian dipompakan ke dalam deaerator. Tujuan dari pengguanaan deaerator adalah untuk menghilangkan gas-gas impurities dari air umpan boiler dengan pemanasan steam. Keluar dari deaerator, air umpan boiler telah memenuhi syarat-syarat yang harus dipenuhi dan siap digunakan.

Kuantitas steam yang diperlukan dalam proses didapatkan dari perhitungan menurut pemakaian setiap harinya dari masing-masing alat. Menurut perhitungan dari bab-bab sebelumnya, kebutuhan steam adalah sebagai berikut:

No	Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/ Jam)
1	E-112	Heater	19.521
2	E-126A	Heater	42
3	E-126B	Heater	693
4	E-129	Reboiler Distillation I	146
5	E-136	Reboiler Distillation II	140
1_		Total	20.542

Tabel 8.1.1.1. Data kebutuhan steam

Berdasarkan perhitungan dari Appendiks D keperluan steam sebesar 20.542 kg/jam. Direncanakan banyaknya steam disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang sehingga kebutuhan steam sebesar 27.155 kg/jam dan dengan menghitung faktor evaporasi didapatkan kebutuhan air umpan boiler sebesar 31.478 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
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas dalam jumlah yang cukup besar
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Sebagai media pendingin, air harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu tidak mengandung:

- Kesadahan (hardness), dapat memberikan efek pembentukan kerak
- Besi, penyebab korosi
- Silika, penyebab kerak
- Minyak, penyebab terganggunya film *corrosion inhibitor* yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas dan merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Air pendingin yang telah digunakan kemudian akan didinginkan (disirkulasi) kembali mengunakan cooling tower. Hal ini dimaksudkan untuk menghemat pemakaian air pendingin sehingga tidak perlu penggantian air pendingin secara terus menerus.

Adapun kebutuhan air pendingin yang digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses dapat dilihat pada table berikut ini :

No	Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan
1	R-110	Reaktor Konversi Etanol	1.441.215
2	E-122A	Cooler	24.523
3	E-127	Condensor Distillation I	660
4	E-132	Condensor Distillation II	111
5	E-134	Cooler	2.709
6	E-137	Cooler	3.580
		Total	1.472.798

Tabel 8.1.2.1. Data kebutuhan air pendingin

Dari tabel 8.1.2.1. air yang digunakan untuk keperluan pendingin adalah sebesar 1.472.798 kg/jam, direncanakan banyaknya air pendingin yang disuplay adalah 20% berlebih dari jumlah air pendingin, maka kebutuhan air pendingin adalah 1.944.093 kg/jam.

8.1.3. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan oleh para karyawan dilingkungan pabrik untuk kebutuhan konsumsi, cuci, mandi, masak, laboratorium, perkantoran dan lain-lain. Adapun persyaratan berdasarkan sifat fisik yang harus dipenuhi oleh air yang akan digunakan sebagai air sanitasi adalah sebagai berikut:

1. Syarat fisik

- Suhu : Di bawah suhu kamar

- Warna: Tidak berwarna dan jernih

- Rasa : Tidak berasa

- Bau : Tidak berbau

- pH : Netral (7)

2. Syarat kimia

- Tidak mengandung zat-zat organik maupun anorganik yang tidak terlarut dalam air, seperti PO₄³⁻, Hg, Cu dan sebagainya.
- Tidak mengandung zat-zat berbahaya lain yang termasuk kedalam logam berat.
- Tidak beracun

3. Syarat bakteriologis

Tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifatsifat fisik air.

Dalam proses penyediaan air sanitasi, air yang telah mengalami proses pengolahan terlebih dahulu harus diolah kembali untuk memenuhi persyaratan sebagai air sanitasi. Proses pemenuhan persyaratan air sanitasi tersebut adalah setelah proses penjernihan, air harus diberi desinfektan terlebih seperti klor cair maupun kaporit.

Adapun kebutuhan air sanitasi yang digunakan sebagai keperluan sehari-hari pada Pabrik Etanol dari Syngas ini dapat dilihat pada table berikut ini:

No	Keperluan	Kebutuhan
1	Karyawan	3.720
2	Laboratorium dan Taman	1.860
3	Pemadam Kebakaran	2.232
	Total	7.812

Tabel 8.1.3.1. Data kebutuhan air sanitasi

Berdasarkan hasil perhitungan dari kebutuhan air untuk peruntukan masing-masing proses maka didapatkan kebutuhan air total Pabrik Etanol dari *Syngas* yang dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 8.1.3.2. Data kebutuhan air total pabrik etanol dari syngas

No	Keperluan	Kebutuhan
1	Air Umpan Boiler	31.478
2	Air Pendingin	1.944.093
3	Air Sanitasi	7.812
	Total	1.983.383

8.1.4. Uraian proses penyediaan air

Air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah air sungai. Dasar pemilihan air sungai untuk memenuhi kebutuhan air pabrik dikarenakan lokasi pabrik yang dekat dengan sungai musi daerah Ilir Timur II, Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan. 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 kedalam 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 *clarifter* H-210 untuk dilakukan proses pemurnian tahap awal dengan menambahkan larutan Al₂(SO₄)₃.18H₂O atau larutan alum guna memisahkan *suspended solid* serta zat terlarut lainnya yang terdapat dalam air sungai secara kimiawi. Padatan yang terbentuk pada *clarifter* akan dikeluarkan melalui bagian bawah *clarifter* sedangkan air bersih akan dikeluarkan dari *clarifter* melaluai *over flow* atau bagian samping *clarifter* untuk kemudian difiltrasi kembali.

Air bersih yang keluar dari clarifier H-120 kemudian dialirkan kedalam sand filter H-221 untuk menyaring kembali apabila terdapat pasir maupun endapan yang terikut dalam alira air bersih. Setelah memaluai 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 kation maupun mineral-mineral pengganggu. Dalam anion exchanger D-220B digunakan De-acidite (DOH) untuk memurnikan air dari ion pengotor. 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 sebagian dimanfaatkan sebagai media pemanasan tahap awal untuk air umpan boiler pada dearator D-233. Setelah digunakan, steam tersebut kemudian dikirim 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 Cl₂ (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, labratorium, 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 =
$$300$$
 °C

Steam yang telah digunakan dan telah menjadi kondensat kemudian akan kirim keunit 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 :

No	o Kode Alat Nama Alat		Kebutuhan (Kg/Jam)	
1	E-112	Heater	19.521	
2	E-126A	Heater	42	
3	E-126B	Heater	693	
4	E-129	Reboiler Distillation I	146	
5	E-136	Reboiler Distillation II	140	
Total 20.542				

Tabel 8.1.1.1. Data kebutuhan steam

Berdasarkan perhitungan dari Appendiks D keperluan steam sebesar 20.542 kg/jam. Direncanakan banyaknya steam disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang sehingga kebutuhan steam total sebesar 27.115 kg/jam.

8.3. Unit Penyipan 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 20.977 Hp =15.657,4046 kW
- Total kebutuhan listrik untuk daerah pengolah air adalah 320 Hp = 238,6240 kW Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas adalah 21.317 Hp = 15.896,0286 kW

2. Kebutuhan untuk instrumentasi

 Tenaga listrik yang dibutuhkan untuk instrumentasi 10% dari tenaga yang dibutuhkan untuk proses, maka kebutuhan listrik untuk instrumentasi adalah 1,589,6029 kWH.

3. Kebutuhan listrik untuk penerangan

- Penggunaan lampu merkuri 250 watt dengan lumen output 10.000
 Total listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar = 1.831 × 250 watt = 457,649 kW
- Penggunaan lampu fluorescent 40 watt dengan lumen output 1960
 Listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar = 298 × 40 watt = 11,935 kW
- Penggunaan lampu fluorescent 20 watt dengan lumen output 1.960
 Listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar = 19 × 20 watt = 0,390 kW

Sehingga total kebutuhan listrik untuk penerangan adalah Total listrik penerangan = (457,649 + 11,935 + 0,390) kW = 469,971 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 Etanol dari Syngas adalah 17.965,6020 kWH

Guna menjaga ketersediaan listrik yang stabil maka *Safety factor* ditetapkan sebesar 10% dari total kebutuhan listrik 17.965,6020 kW, jadi total kebutuhan listrik Pabrik Etanol dari *Syngas* = 19.762,1622 kW

Jadi total kebutuhan listrik adalah 19.762,1622 kW, dimana listrik yang disuplai dari PLN sebesar 40% yaitu 7.904,8649 kW. Sedangkan listrik yang disuplai generator set sebesar 60% yaitu 11.857,2973 kW.

8.4. Unit Penyediaan 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. $38 \, ^{\circ}\text{C} (100 \, ^{\circ}\text{F})$
- 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/cm^3
- Heating value = 130.500 Btu/gall
- Viscositas = min. 0,0011 cp

(www.bioenergy.ornl.gov)

(Perry's 5th ed., Chemical Eng. 's Handbook, hal. 9-8 s.d. 9-10)

Spesifikasi Generator:

Type : AC generator 3 phase

Kapasitas : 14.850 KW

Effisiensi : 80%

Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

Jadi kebutuhan bahan bakar pada generator untuk pabrik etanol dari syngas ini adalah 1.469,7914 L/jam

Spesifikasi storage fuel diesel oil

Fungsi : Menyimpan diesel oil yang akan digunakan sebagai bahan bakar pada 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 (Ls) : 330,917 in

Jumlah : 3 buah

8.5. Unit Penyediaan Nitrogen Cair

Media pendingin selain air pendingin yang digunakan dalam Pra Rencana Pabrik Etanol dari *Syngas* ini adalah Nitrogen cair, pemilihan ini didasarkan karena suhu bahan yang akan diproses diinginkan berada jauh dibawah suhu kamar. Adapun alasan pemilihan penggunaan Nitrogen cair antara lain adalah:

- 1. Tidak beracun
- 2. Tidak mudah terbakar pada kondisi operasi
- 3. Sesuai untuk kondisi operasi dari pabrik karena memiliki titik beku yang rendah.
- 4. Tidak korosif terhadap bahan konstruksi yang digunakan
- 5. Harganya murah

Sifat fisika Nitrogen:

- Berat molekul : 28,02

- Titik didih (1 atm) : -195,8 °C

- Titik beku (1 atm) : -209,86 °C

Densitas gas (63,15 K) : 0,807 g/ml

Spesifik gravity liquid : 1,026

- Temperatur kritis : 126,2°C

- Tekanan kritis : 34 bar

Viskositas : 0,00921 lb/ft.s

Adapun kebutuhan nitrogen cair yang digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 8.5.1. Data kebutuhan nitrogen cair

No	Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan
1	E-122B	Cooler	2.244
2	E-122C	Cooler	2.419
		4.663	

Berdasarkan perhitungan dari Appendiks D keperluan *nitrogen cair* sebesar 4.663 kg/jam. Direncanakan banyaknya *nitrogen cair* disediakan dengan *excess* 20% sehingga kebutuhan *nitrogen cair* sebesar 5.596 kg/jam. Serta disediakan pula *make up* 10% sebagai pengganti. Sehingga kebutuhan *nitrogen cair* total sebesar 6.155 kg/jam.

8.5.1. Uraian proses penyediaan nitrogen cair

Media pendingin lain yang digunakan pada Pra Rencana Pabrik Etanol dari Syngas ini adalah nitrogen cair. Nitrogen cair yang digunakan sebagai media pendingin didapatkan dari produsen lain dengan suhu penyimpanan pada storage yaitu -250 °C dan tekanan 5 atm. Jumlah persediaan nitrogen cair direncanakan selama 15 hari proses. Selain mensupply pendingin nitrogen cair baru, pabrik direncanakan akan mengolah kembali atau recycle nitrogen cair yang telah digunakan dengan menggunakan refrigeration system unit. Dalam pengolahannya, nitrogen cair yang semula disimpan dalam storage nitrogen cair F-261 dialirkan dengan menggunakan pompa L-262 untuk didistribusikan kedalam peralatan proses sebagai media pendingin proses. Setelah digunakan sebagai media pendingin, nitrogen cair tersebut kemudian dipompa keluar proses dengan menggunakan pompa L-263 untuk dialirkan menuju cooler E-264. Dalam cooler E-264 nitogen cair yang telah digunakan tersebut kemudian didinginkan dengan menggunakan media pendingin dari refrigeration unit yaitu jenis R-702 yang memiliki titik didih - 423 °F dan titik beku - 434,6 °F pada tekanan 1 atm.

Setelah mengalami proses pendinginan pada *cooler* E-264, suhu dari nitrogen cair tersebut turun manjadi -250 °C dan kemudian dikembalikan kedalam storage nitrogen cair F-261 untuk ditampung dan digunkan kembali sebagai media pendingin proses produksi kembali.

8.5.1. Urulan proses penyediaan nitrogen egir

Media pendingin lain yang digunakan pada Pra Rencana Pabrik Etanot dari Syngos ini adalah nitrogen cair. Nitrogen cair yang digunakan sebagai media pendingin didapaikan dari produsen lain dengan suhu penyimpanan pada storage yaitu -250 °C dan tekanan 5 atm. Jumlah persediaan nitrogen cair direncanakan selama 15 hari proses. Selain mensupply pendingin nitrogen cair baru, pabrik direncanakan akau mengolah kembali atau recyele nitrogen cair yang telah digunakan dengan menggunakan rejriperation yastem unit. Dalam pengolahannya, nitrogen cair yang semala disimpan dalam warage nitrogen cair F-261 dialirkan dengan menggunakan pompa L-262 untuk didistribusikan kedalam peralatan proses sebagai media pendingin, nitrogen cair tersebut kemudian dipompa keluar proses dengan menggunakan pompa L-263 untuk dialirkan menju cooler E-264. Dalam cooler E-264 nitogen cair yang telah digunakan tersebut kemudian didinginkan dengan menggunakan media pendingin dari refrigeration unit yaitu kemudian didinginkan dengan menggunakan media pendingin dari refrigeration unit yaitu jenis R-702 yang memiliki titik didih - 423 °F dan titik beku - 434.6 °F pada tekanan Latm.

Seiclah mengalami proses pendinginan pada cooler E-264, suhu dari nitrogen cair tersebut turun manjadi -250 °C dan kemadian dikembalikan kedalam storage nitrogen cair F-261 untuk ditampung dan digunkan kembali sebagai media pendingin proses produksi kembali.

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 berbengaruh 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:

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya untuk mencukupi kebutuhan pabrik yang akan didirikan.
- Kualitas dan kuantitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas dan kuantitas bahan baku tersebut sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- 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 untuk sampai ke daerah pemasaran.

3. Utilitas (Bahan bakar, sumber air dan listrik)

Utilitas merupakan unit yang sangat penting kerena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Adapun bagian daripada 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 3 macam sumber, yaitu:

- Air sungai (sumber) atau air laut
- Air kawasan
- Air PDAM

Bila air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air sungai (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 dapar digunakan tetapi jika dalam julah yang dangat besar dapat digunakan air laut yang telah dip roses 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 mayarakat di lingkungan sekitar pabrik harus mendukung iklim industri untuk menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah sebagai berikut:

- Kesiapan masyarakat untuk menjadi masyarakat industri.
- Keadaan alam yang ada, dimana keadaan alam yang menyulitkan akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan dan 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 sebab dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses jika tidak dalam kondisi yang mendukung.

- Pengaruh produk yang dihasilkan maupun proses yang digunakan terhadap masyarakat di lingkungan sekitar pabrik terutama untuk industri yang 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 edition) (Vilbrandt, Frank C & Dryden, Charlese. 1959. *Chemical Engineering Palnt Design*, 4th edition)

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 Palnt 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 diposal*) 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 (Environental Protection).

4. Perpajankan 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 lokasi tersebut, lokasi pendirian pabrik yang baik adalah daerah dengan faktor 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-lain.
- Harga tanah dan fasilitas lainnya.

6. Faktor Lingkungan (Komunitas)

Hal-hal yang menyangkut faktor lingkungan (komunitas) merupakan salah satu aspek yang harus dipertimbangkan, adapun hal-hal tersebut antara lain:

- Lokasi termasuk perkotaan atau pedesaan
- Fasilitas perumaha, 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 untuk dipertimbangkan. Adapun hal-hal mengenai peraturan perundang-undangan yang perlu diperhatikan antara lain :

- Ketentuan-ketantuan 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 edition) (Vilbrandt, Frank C & Dryden, Charlese. 1959. *Chemical Engineering Palnt Design*, 4th edition)

Berdasarkan pertimbangan dengan memperhatikan faktor-faktor yang telah diutarakan di atas, maka dapat ditentukan bahwa pendirian Pabrik Etanol dari *Syngas* dengan kapasitas 250.000 ton/tahun ini berada dikawasan Ilir Timur II, Daerah Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan yang diharapkan dapat memberikan keuntungan yang sebesar-besarnya. Adapun faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam pendirian Pabrik Etanol dari *Syngas* ini antara lain:

1. Bahan baku

Ketersediaan bahan baku yang cukup memadai disebabkan daerah tersebut berdekatan dengan kegiatan eksplorasi bahan baku produksi *syngas* yang nantinya akan dihasilkan pula produk *syngas*, sehingga memudahkan dalam penyediaan bahan baku, maka akan diadakanya pembangunan jalan maupun pipa-pipa.

2. Pemasaran

Produk etanol 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 etanol ini memerlukan air yang cukup banyak baik untuk media pendingin, penghasil steam dan keperluan lainnya. Kawasan Ilir Timur II Daerah Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan terletak didekat sungai Musi dan laut. Sehingga dapat menjamin ketersediaan air untuk memenuhi semua kebutuhan pabrik dan masyarakat. 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 alal-alat industri perlu dipertimbangkan. Tenaga kerja Indonesia cukup banyak sehingga penyediaan tenaga kerja tidaklah begitu sulit. Untuk ketersediaan tenaga kerja, daerah Ilir Timur II Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan 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 Ilir Timur II Kota Palembang 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 Ilir Timur II Kota Palembang dapat dikatakan stabil dimana tingkat curah hujan masih normal dan kisaran suhu antara 24 °C hingga 31 °C.

Peta lokasi Pabrik Etanol dari *Syngas* ini direncanakan akan didirikan di Daerah Ilir Timur II, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan yang dapat dilihat pada Gambar 9.1.1. Peta Lokasi Pabrik Etanol dari *Syngas*.

BURNAL VIETNAM CONTROL OF THE STREET STREET

Peta Kecamatan Ilir Timur II Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan



Gambar 9.1.2.1. Peta lokasi pabrik etanol dari syngas

Keterangan:

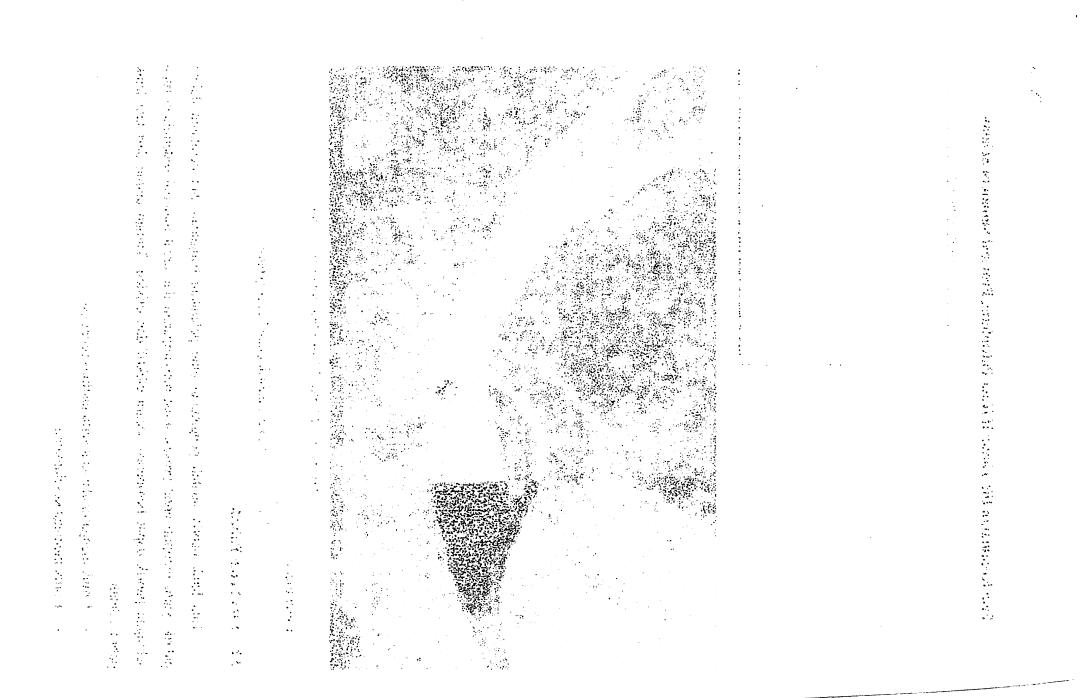


= Lokasi pabrik etanol dari syngas

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 :

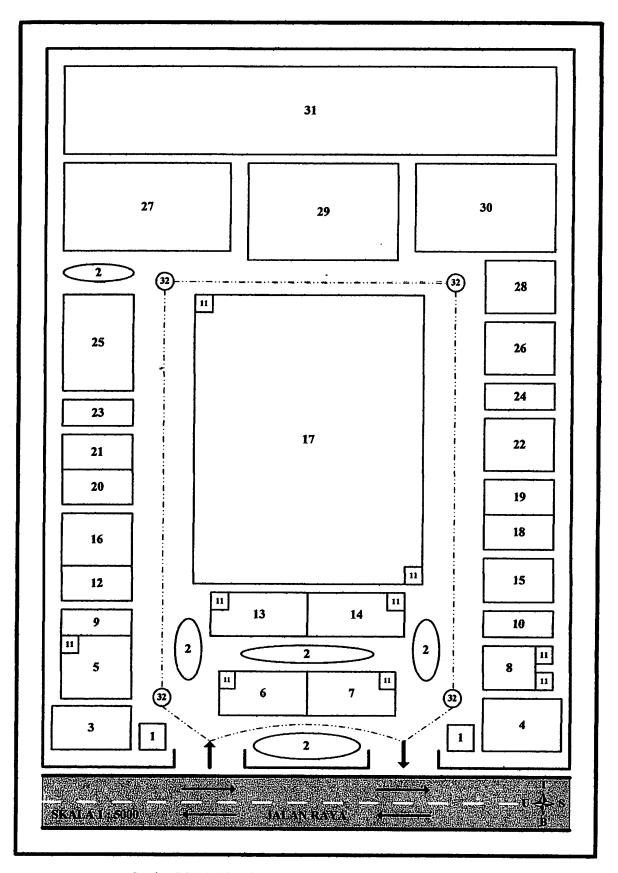
- Pemakaian areal tanah sekecil mungkin.
- Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang mungkin timbul
- Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- Terjadinya areal tanah jalan maupun perluasan pabrik
- Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik adalah sebagi berikut :

Tabel 9.2.1.1. Perincian luas bangunan pabrik

		Ukur	Ukuran (m) Lua		T	Luas Total	
No	Jenis Bangunan	p	Ł	(m²)	Jumlah	(m²)	(ft²)
1	Pos Keamanan	5	4	20	2	40	431
2	Taman	15	10	150	5	750	8.073
3	Parkir Tamu	30	3	90	1	90	969
4	Parkir Karyawan	40	3	120	1	120	1.292
5	Aula	10	10	100	1	100	1.076
6	Main Office Building A	20	15	300	1	300	3.229
7	Main Office Building B	20	15	300	1	300	3.229
8	Mushola	10	5	50	1	50	538
9	Perpustakaan	6	5	30	1	30	323
10	Poliklinik	10	5	50	1	50	538
11	Toilet	4	4	16	9	145	1.561
12	Ruang Pemeriksaan Bahan Baku	8	5	40	1	40	431

13	Kantor Pusat Divisi Teknik	25	15	375	1	375	4.036
14	Kantor Pusat Divisi Produksi	25	15	375	1	375	4.036
15	Kantin	15	5	75	1	75	807
16	Gudang Bahan Baku	20	20	400	1	400	4.306
17	Area Proses Produksi	100	200	20.000	1	20.000	215.278
18	Garasi	10	6	60	1	60	646
19	Bengkel	10	6	60	1	60	646
20	Ruang kontrol	10	8	80	1	80	861
21	Laboratorium	10	8	80	1	80	861
22	Gudang Bahan Bakar	20	20	400	1	400	4.306
23	Industrial Safety dan Pemadam Kebakaran	15	10	150	1	150	1.615
24	Timbangan Truk	10	8	75	1	75	807
25	Area Utilitas	25	40	1.000	1	1.000	10.764
26	Gudang Produk Samping	15	30	450	1	450	4.844
27	Pengolahan Air	50	60	3.000	1	3.000	32.292
28	Gudang Produk Utama	25	30	750	1	750	8.073
29	Area Waste Water Treatment	50	50	2.500	1	2.500	26.910
30	Area Waste Treatment	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 9.2.1.1. Plant lay out pra rencana pabrik etanol dari syngas

Keterangan:

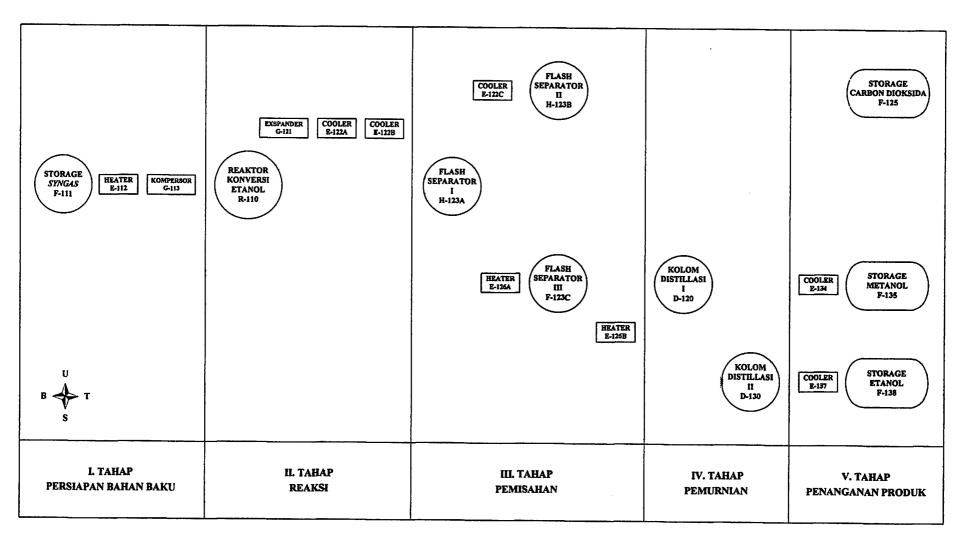
- 1. Pos Keamanan
- 2. Taman
- 3. Parkir Tamu
- 4. Parkir Karyawan
- 5. Aula
- 6. Main Office Building A (Kantor Pusat Divisi Marketing dan Divisi Keuangan)
- 7. Main Office Building B (Kantor Pusat Divisi Administrasi dan Divisi Human Resources Management)
- 8. Musholla
- 9. Perpustakaan
- 10. Poliklinik
- 11. Toilet
- 12. Ruang Pemerikasaan Bahan Baku
- 13. Kantor Pusat Divisi Teknik
- 14. Kantor Pusat Divisi Produksi
- 15. Kantin
- 16. Gudang Bahan Baku
- 17. Area Proses Produksi
- 18. Garasi
- 19. Bengkel
- 20. Ruang Kontrol
- 21. Laboratorium
- 22. Gudang Bahan Bakar
- 23. Industrial Safety dan Pemadam Kebakaran
- 24. Timbangan Truk
- 25. Area Utilitas
- 26. Gudang Produk Samping
- 27. Pengolahan Air
- 28. Gudang Produk Utama
- 29. Area Waste Water Treatment
- 30. Area Waste Treatment
- 31. Area Perluasan Pabrik
- 32. Halaman dan Jalan

9.2.2. Tata letak peralatan pabrik

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan didalam 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 lain sehingga mempermudah pengontrolan peralatan.
- Pengaturan sistem yang ada pada tempat yang tepat agar tidak menggangu aktifitas kerja serta pemberian warna yang jelas pada aliran proses.
- c. Peletakan 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. Ruangan 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 Etanol dari *Syngas* dapat dilihat pada gambar 9.2.2. berikut ini :



Gambar 9.2.2.1. Equipment lay out pra rencana pabrik etanol dari syngas

BABX

STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Suatu perusahaan dalam kaitannya guna pencapaian dan peningkatan sasaran perusahaan yang efektif dengan hasil produksi tinggi biasanya memiliki suatu bentuk organisasi yang berfungsi sebagai suatu bentuk hubungan yang memiliki sifat dinamis, dalam artian dapat menyesuaikan diri terhadap segala perubahan yang pada hakekatnya merupakan suatu bentuk yang dengan sadar diciptakan manusia untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Pencapaian dan peningkatan sasaran perusahaan yang efektif dengan hasil produksi tinggi harus diperhitungkan secara seksama dengan menggunakan elemen-elemen dasar perhitungan yang berguna sebagai alat pelaksana, serta faktor utama dalam menjalankan suatu perusahaan. Adapaun elemen dasar tersebut antara lain:

- 1. Manusia (Man)
- 2. Bahan (Matrial)
- 3. Mesin (Machine)
- 4. Metode (Methode)
- 5. Uang (Money)
- 6. Pasar (Market)

Pada umumnya organisasi dibuat dalam suatu struktur yang merupakan gambaran secara skematis tentang hubungan atau kerjasama antar departemen yang terdapat dalam kerangka usaha untuk mencapai suatu tujuan perusahaan.

10.1. Dasar Perusahaan

Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Lokasi Pabrik

: Ilir Timur II, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan

Kapasitas Produksi : 250.000 Ton/Tahun

Status Perusahaan

: Swasta Nasional

Modal

: Penanaman Modal Dalam Negeri

10.2. Bentuk Perusahaan

Pabrik etanol dari syngas ini merupakan perusahaan swasta berskala nasional yang akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- 1. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sebab segala sesuatu yang menyangkut perusahaan dipegang oleh pemimpin perusahaan.
- Wewenang serta kedudukan pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu dengan yang lainnya. Pemilik Perseroan Terbatas adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus adalah direksi beserta staff yang diawasi oleh dewan komisaris.
- 3. Mudah mendapatkan modal yaitu dari hasil penjualan saham setelah pabrik berjalan optimum dengan validitas yang jelas.
- 4. Perseroan Terbatas merupakan suatu badan hukum karena memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi masing-masing pemegang saham, dimana kepada pemegang saham dibayarkan keuntungan apabila Perseroan Terbatas mendapat laba dan jika perusahaan mendapat rugi maka kerugian pemegang saham hanya sebesar yang ditanamkannya pada Perseroan Terbatas yang bersangkutan. Oleh karena itu setiap tahun diwajibkan kepada dewan direksi beserta staff melaporkan keuntungan serta perkembangan yang diperoleh perusahaan.
- Kehidupan sebuah Perseroan Terbatas lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi maupun staffnya dan juga karyawan perusahaan.
- 6. Adanya efisiensi dalam manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris serta juga dapat memilih direktur utama yang cakap dan berpengalaman serta dapat pula memilih orang yang ahli dibidangnya sehingga the right man in the right place dapat terlaksana.

10.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi yang diterapkan adalah sistem organisasi garis dan staff yaitu kekuasaan mengalir secara langsung dari direksi kepada kepala bagian dan diteruskan kepada kepala seksi dan selanjutnya kepada karyawan di bawahnya. Beberapa hal yang menjadikan alasan pemilihan adalah:

- 1. Sistem organisasi garis dan staff sering digunakan dalam perusahaan yang berproduksi secara massal dengan produksi yang kontinyu.
- 2. Biasa diterapkan pada organisasi yang cukup besar.
- 3. Masing-masing kepala bagian atau manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk pencapaian tujuan.

- 4. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja dapat berjalan lebih baik. Serta terdapat adanya staff yang terdiri atas beberapa ahli, sehingga dapat terjalin kelancaran dan kemajuan perusahaan.
- 5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur utama.

Berdasarkan kelebihan dari sistem organisasi garis dan staff tersebut, maka pembagian tanggung jawab dan wewenang diberikan pada setiap department, dimana pada setiap department akan dibagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil yaitu divisi untuk selanjutnya dibagi kembali menjadi unit-unit kerja.

10.4. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab Dalam Organisasi

Pembagian kerja dalam organisasi perusahaan merupakan pembagian jabatan dan tanggung jawab antara satu pengurus dan pengurus yang lain sesuai dengan struktural yang ada. Penjelasan mengenai tugas dan tanggung jawab dari setiap jabatan dalam organisasi perusahaan ini diterangkan sebagai berikut:

10.4.1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka merupakan pemilik perusahaan dimana jumlah yang dimiliki tergantung sesuai dengan besarnya saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan sahamnya paling sedikit satu tahun. Rapat umum pemegang saham adalah rapat dari pemegang para saham. Mereka mempunyai kekuasaan tertinggi dalam Perseroan Terbatas (PT). Rapat umum pemegang saham biasanya diadakan paling sedikit sekali dalam satu tahun dan selambat-lambatnya enam bulan sesudah tahun buku yang bersangkutan. Dimana melalui rapat pemegang saham mereka menetapkan:

- 1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
- 2. Mengesahkan hasil-hasil usaha neraca perhitungan laba dan rugi tahunan.
- 3. Mengesahkan dan memberikan saran atas setiap keputusan ataupun rencana usaha yang diajukan oleh dewan direksi melalui dewan komisaris.

10.4.2. Dewan Komisaris

Pemegang saham dalam kesehariannya diwakili oleh Dewan Komisaris yang diangkat melalui rapat umum pemegang saham. Biasanya sebagai ketua dewan komisaris adalah salah seorang pemegang saham. Masa kerja dewan komisaris adalah dua tahun atau ditentukan sesuai dengan perjanjian dan anggaran dasar perseroan, seorang dewan komisaris dapat diberhentikan sewaktu-waktu apabila bertindak bertentangan dengan anggaran dasar peseroan ataupun kepentingan perseroan. Adapun tugas dan wewenang dewan komisaris adalah sebagai berikut:

- 1. Mengawasi kinerja dari dewan direksi beserta staff.
- 2. Menentukan dan memutuskan siapa yang menjabat sebagai direktur untuk menjalankan perusahaan.
- 3. Memberhentikan sementara dewan direksi bila teguran dari dewan komisaris mengenai hal-hal yang berpotensi dapat merugikan perusahaan diabaikan.
- 4. Menilai, menyetujui dan menolak program dan rencana kerja yang diajukan oleh dewan direksi.
- 5. Mengevaluasi hasil yang diperoleh perusahaan serta memberikan nasehat maupun masukkan kepada direktur utama apabila mengadakan perubahan dalam perusahaan.
- 6. Meminta pertanggunggjawaban dewan direksi atas segala sesuatu yang berkaitan dengan kemajuan perusahaan.
- 7. Mempertanggungjawabkan seluruh hasil yang didapat oleh perusahaan kepada para pemegang saham.

10.4.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tinggi secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan. Dalam keseharian direktur utama membawahi :

- Wakil Direktur Utama
- Direktur Teknik dan Produksi
- Direktur Administrasi dan Operasional

Adapun tugas direktur utama adalah sebagai berikut:

- 1. Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana kerja dan cara-cara pelaksanaannya.
- 2. Menetapkan kebijakan peraturan serta tata tertib baik keluar maupun dalam lingkungan perusahaan itu sendiri.
- 3. Mengurus dan mewakili perseroan baik di dalam negeri maupun luar negeri.

- 4. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- 5. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris segala anggaran belanja dan pendapatan perusahaan.
- 6. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perseroan, dan harus meminta ijin kepada dewan komisaris bila akan melakukan tindakan yang berhubungan dengan perseroan (peminjaman uang di Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang dan lain sebagainya).

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 memberhentkan 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 Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi membawahi divisi-divisi yang berhubungan secara langsung dengan proses produksi maupun hal-hal yang mendukung proses produksi serta bertanggung jawab penuh mengenai hal tersebut kepada direktur utama melalui wakil direktur utama, Adapun perincian dari tugas-tugas direktur teknik dan produksi adalah sebagai berikut:

- 1. Membantu direktur utama dalam bidang teknik proses dan produksi serta pengawasan maupun pengembangan mutu sehingga dapat memajukan perusahaan.
- 2. Memberikan masukan dan informasi kepada direktur utama mengenai masalah teknik dan hal-hal yang berhubungan dengan masalah teknik yang bertujuan untuk memajukan perusahaan.
- 3. Melakukan perencanaan dan membuat jadwal produksi sesuai dengan target perusahaan.
- 4. Mengawasi secara tidak langsung mengenai proses produksi, pemeliharaan dan perbaikan alat-alat produksi yang dilakukan oleh divisi dan unit kerja pada masing-masing divisi.
- 5. Mengawasi tentang dokumentasi produk dan data-data penting yang berhubungan dengan kualitas produksi dan standard operasi.
- 6. Bertanggung jawab kepada direktur utama mengenai proses produksi dan penanganan produk.
- 7. Mengawasi pengembangan produk dan pendalian mutu dari hasil proses produksi.
- 8. Bertanggung jawab kepada direktur utama mengenai proses dan hasil dari pengolahan limbah hasil samping produksi.
- 9. Mengkoordinasi serta mengawasi pekerjaan dari setiap kepala bagian yang dibawahinya.

10.4.6 Direktur Administrasi dan Operasional

Direktur administrasi dan operasional membawahi divisi-divisi yang berhubungan secara langsung dengan segala hal yang berkaitan dengan pengelolaan perusahaan diluar proses produksi, tetapi sangat erat hubungannya dengan kegiatan perusahaan dalam hal pengelolaan hasil proses produksi. Direktur administrasi dan operasional bertanggung jawab penuh mengenai hal tersebut kepada direktur utama melalui wakil direktur utama, Adapun perincian dari tugas-tugas direktur administrasi dan operasional adalah sebagai berikut:

- Bertanggung jawab kepada direktur utama mengenai hal yang berhubungan dengan pengadaan sumber daya manusia, pengembangan karyawan dan kesejahteraan karyawan.
- 2. Memberikan masukan dan informasi kepada direktur utama mengenai masalah administrasi dan keuangan serta hal-hal yang berhubungan dengan masalah operasional yang bertujuan untuk memajukan perusahaan.

- 3. Bertanggung jawab mengenai pengaturan sistem administrasi dan keuangan yang ada dalam perusahaan serta mengelola segala hal yang berkaitan dengan lingkungan ekstenal maupun internal perusahaan.
- Bertanggung jawab terhadap kelancaran logistik (penyediaan bahan baku) serta pemasaran produk yang telah dihasilkan dari proses produksi.
- 5. Membuat perencanaan dan penyusunan neraca keuangan guna kelancaran administrasi perusahaan serta manajemen sistem informasi.
- Mengkoordinasi serta mengawasi pekerjaan dari setiap kepala bagian yang dibawahinya.

10.4.7. Kepala Bagian (Manager)

10.4.7.1. Kepala Bagian Teknik (Manager Teknik)

Kepala Bagian Teknik adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan kelancaran produksi. Dalam hal ini bukan produksi secara langsung, tetapi sebagai penunjang dalam proses produksinya. Adapun unit kerja yang yang dibawahi oleh kepala bagian teknik antara lain adalah:

1. Unit Teknis dan Pemeliharaan

Unit teknis dan pemeliharaan bertugas melaksanakan dan mengatur segala hal yang bersifat sebagai pendukung proses produksi, serta bertugas pula sebagai penanggung jawab atas seluruh perawatan, pemeliharaan dan perbaikan alat termasuk alat utilitas, gedung dan taman.

2. Unit Perencanaan Produksi

Unit perencanaan produksi bertugas merencanakan dan mendesign proses produksi baik proses lama maupun proses baru yang akan digunakan untuk peningkatan jumlah maupun kualitas produk hasil proses produksi

3. Unit K₃

Unit K₃ bertugas sebagai penanggung jawab terhadap berjalannya instruksi industrial safety yang mengatur mengenai keselamatan kerja dari para karyawan, termasuk memberikan pelatihan keselamatan kerja kepada para karyawan. Program K₃ meliputi upaya perlindungan terhadap semua tenaga sumber, proses dan hasil produksi kerja yang masuk dalam kawasan perusahaan, serta teknologi pencegah kecelakaan kerja. Unit K₃ bertanggung jawab pula terhadap keamanan sarana proses dan pemadaman api bila terjadi kebakaran.



10.4.7.2. Kepala Bagian Produksi (Manager Produksi)

Kepala Bagian produksi adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan proses produksi, termasuk penyediaan system utilitas, bahan baku, pengendalian proses kualitas produk, pengembangan produk serta pengolahan limbah yang nantinya akan dihasilkan. Adapun unit kerja yang dibawahi oleh kepala bagian produksi antara lain adalah:

1. Unit Utilitas

Unit utilitas bertugas mengatur dan mengawasi penyediaan sarana utilitas untuk proses produksi yang meliputi air pendingin, nitrogen cair sebagai pendingin, steam, air umpan boiler, bahan bakar serta pengolahan kembali dari utilitas yang telah digunakan untuk kemudian dapat digunakan kembali.

2. Unit Bahan Baku

Unit bahan baku bertugas mengawasi dan mengatur sirkulasi bahan baku dari gudang logistik termasuk menganalisa kualitas bahan baku dan mutu dari bahan baku sebelum digunakan dalam proses produksi agar produk yang dihasilkan mempunyai kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Selain itu unit bahan baku bertugas untuk menganalisa standar mutu bahan baku dari supplier yang akan bekerjasama dengan perusahaan.

3. Unit Proses dan Pengendalian Proses

Unit proses dan pengendalian proses bertugas sebagai pengawas langsung dilapangan terhadap proses produksi dan realisasi rencana produksi yang sedang berjalan serta terus mengawasi dan mengendalikan proses guna mendapatkan produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

4. Unit Ouality Assurance (QA) dan Quality Control (QC)

Unit *Quality Assurance* (QA) bertugas sebagai unit yang bertanggung jawab terhadap penjaminan mutu dan semua dokumentasi produk serta penetapan *Standard Opertional Process*, sedangkan Unit *Quality Control* (QC) bertugas sebagai penanggung jawab atas penjaminan mutu baik bahan baku, produk maupun bahan-bahan pendukung lainnya dengan tujuan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas terbaik.

5. Unit Research and Development (R&D)

Unit Research and Development (R&D) atau penelitian dan pengembangan merupakan unit yang bertanggung jawab atas semua standar kualitas bahan baku dan produk, serta bertugas untuk melakukan pengawasan terhadap penelitian dan pengembangan produk yang sedang dilakukan guna meningkatkan kualitas produk untuk pencapaian tujuan perusahaan.

6. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah bertanggung jawab penuh terhadap proses pengolahan limbah hasil proses produksi sebelum nantinya dibuang atau diteruskan ke lingkungan sekitar pabrik guna mencegah pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sifat limbah itu sendiri maupun proses pengolahan limbah yang kurang sempurna.

10.4.7.3 Kepala Bagian Admninistrasi (Manager Administrasi)

Kepala Bagian produksi adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan sistem pendataan dan pengelolaan perusahaan baik pengelolaan dalam lingkungan internal perusahaan maupun hubungan antara perusahaan dengan dunia luar atau eksternal. Adapun unit kerja yang dibawahi oleh kepala bagian administrasi antara lain adalah:

1. Unit General Affair

Unit general affair merupakan unit yang bertanggung jawab atas segala urusan internal maupun eksternal perusahaan. Unit general affair bertanggung jawab langsung kepada kepala bagian administrasi untuk selanjutnya dilaporkan kepada direktur administrasi dan opersional sebelum diteruskan kepada direktur utama. Secara sederhana dan terperinci, tugas dari unit general affair antara lain adalah:

berhubungan dengan masyarakat/klien baik dalam maupun luar negeri. Kegiatan General Affair External meliputi: publikasi (mendesain semua fasilitas pada perusahaan dan mempromosikan semua aktivitas perusahaan), Public Relation (menjalin hubungan yang baik dengan karyawan maupun lingkungan, menangani surat masuk dan surat keluar serta membuat sistem informasi), Social and Religion (menjalankan aktivitas keagamaan, merencanakan dan mengusulkan aktivitas-aktivitas keagamaan, menjalin komunikasi yang baik dengan para ulama dan tokoh masyarakat).

- General Affair Internal adalah bagian yang menangani masalah yang berhubungan dengan administrasi, keamanan, kesehatan, kebersihan dan keindahan lingkungan serta bertanggung jawab atas fasilitas gedung dan fasilitas untuk karyawan yang ada dilingkungan perusahaan.

2. Unit Humas

Unit Humas bertugas dan bertanggung jawab atas semua urusan dan hubungan dengan masyarakat guna meningkatkan dan menjalin hubungan yang jauh lebih baik dengan tujuan dapat memajukan perusahaan. Selain itu unit humas juga bertugas membantu unit general affair dalam menjalin hubungan baik dengan para client maupun masyarakat sekitar perusahaan.

3. Unit Gudang dan Logistik

Unit gudang dan logistik bertugas dalam penyediaan bahan baku, pengepakan atau pengemasan produk jadi dan menyimpan dalam gudang serta merencanakan pengiriman produk ke luar pabrik. Unit gudang dan logistik juga mempunyai tugas lain yaitu:

- Bertugas untuk melakukan tes kestabilan produk dalam jangka waktu tertentu sehingga diperoleh masa kadaluwarsa dari produk yang dihasilkan.
- Bertugas untuk meneliti dan mengembangkan produk utama maupun hasil samping, apakah masih bisa dipergunakan kembali atau diubah menjadi produk dengan bentuk yang lain.

10.4.7.4 Kepala Bagian Marketing (Manager Marketing)

Kepala Bagian marketing adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua urusan pembelian maupun pejualan, termasuk menentukan daerah pemasaran dan perluasan daerah pemasaran serta peningkatan omset penjualan dari produk yang dihasilkan. Kelapa bagian marketing bertanggung jawab langsung kepada direktur administrasi dan opersional. Adapun unit kerja yang dibawahi oleh kepala bagian marketing adalah sebagai berikut:

1. Unit Pembelian

Unit pembelian bertugas dan bertanggung jawab atas pembelian dan penyediaan bahan baku baik bahan baku yang berasal dari dalam negeri maupun dari luar negeri. Selain itu unit pembelian bertanggung jawab penuh mengenai penyediaan sarana dan prasaran yang mendukung berjalannya kehidupan perusahaan baik dari sisi proses produksi maupun non proses produksi.

2. Unit Riset dan Pemasaran

Unit Riset dan pemasaran bertugas untuk meneliti dan mengupayakan agar hasil produksi dapat disalurkan ke jalur-jalur distribusi yang tepat sehingga hasil produksi mempunyai harga jual yang terjangkau. Unit ini juga bertugas untuk merencanakan strategi pemasaran yang efektif dan efisien serta bertugas dalam menarik minat konsumen untuk membeli produk yang dihasilkan.

10.4.7.5 Kepala Bagian Human Resources Management (Manager HRM)

Kepala Bagian Human Resources Management adalah kepala bagian yang bertanggung jawab menangani tentang sumber daya manusia dan kekaryawanan mulai dari penyediaan, penempatan dan kesejahteraan karyawan. Adapun unit kerja yang dibawahi oleh kepala bagian Human resources Departement antara lain adalah:

1. Unit Human Resources Departement (HRD)

Unit Human Resources Departement adalah bagian yang bertugas untuk menangani tentang sumber daya manusia dan kekaryawanan yang meliputi:

- Bidang recruitment yang bertugas mencari dan menyeleksi calon karyawan yang sesuai untuk mengisi lowongan yang ada.
- Membuat desain organisasi untuk seluruh bagian di perusahaan dan sistem penilaian karyawan yang bertujuan untuk memilih siapa karyawan yang paling rajin dan berbakat sehingga dapat dijadikan contoh untuk karyawan lainnya maupun di promosikan untuk kenaikan jabatan.
- Membuat sistem remunerasi yaitu mekanisme untuk mengontrol fasilitas karyawan (welfare) dan regulasi jam kerja serta posisi kerja dari para karyawan.
- Menangani *payroll* atau bagian yang mengurusi tentang balas jasa perusahaan kepada karyawan dalam bentuk gaji dan sistem penggajian karyawan.
- Melakukan *productivity control* atau pemantauan hasil produksi yang ditinjau dari *man power* yang ada dibagian tertentu dalam perusahaan.

2. Unit Training and Employee Relation (TER)

Unit *Training and Employee Relation* adalah bagian yang menangani tentang pelatihan dan kekaryawanan. Unit TER terbagi dalam dua unit dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing yang antara lain yaitu:

- Training Section, secara garis besar unit ini menangani tentang pengembangan sumber daya manusia yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pengembangan pengetahuan dan keterampilan karyawan untuk memenuhi standart kerja tertentu guna penyesuaian dengan tujuan perusahaan.

- Employee Relation Section, merupakan suatu seksi yang menangani tentang program yang bertujuan untuk membangun dan menjaga iklim kerjasama yang harmonis antara karyawan dengan pihak perusahaan sehingga tercapai tingkat produktivitas yang tinggi.

3. Unit Managenent Information System (MIS)

Bertanggung jawab sebagai pusat pengolahan data komputer dari seluruh departemen, divisi maupun unit kerja yang ada di dalam perusahaan.

10.4.7.6 Kepala Bagian Keuangan (Manager Keuangan)

Kepala Bagian Keuangan adalah kepala bagian yang bertanggung jawab menangani pengaturan keuangan (cash flow) dan menangai penyediaan serta pembelian bahan baku maupun peralatan dari sisi keuangan. Kepala bagian keuangan bertanggung jawab langsung kepada direktur administrasi dan operasional mengenai hal-hal yang menyangkut sistem keuangan perusahaan. Adapun unit kerja yang dibawahi oleh kepala bagian keuangan antara lain adalah:

1. Unit Akutansi dan Pembukuan

Unit akutansi dan pembukuan bertugas dan bertanggung jawab penuh mengenai pembukuan dan pendataan sistem keuangan perusahaan serta mengkaji besaran gaji karyawan untuk selajutnya diajukan kepada kepala bagian keuangan dan dilaporkan kepada direktur keuangan dan opersional utuk kemudian diteruskan kepada direktur utama. Selain itu unit akutansi dan pembukuan memilki tugas sebagai perencana keuangan perusahaan dimasa yang akan datang serta melakukan perhitungan keuangan perusahaan untuk pembukuan setiap tahun.

2. Unit Kas dan Keuangan

Unit kas dan keuangan bertugas dan bertanggung jawab penuh terhadap urusan pengamanan keuangan, penyediaan uang untuk penggajian karyawan dan segala urusan keuangan perusahaan.

10.5. Jam Kerja

Pabrik etanol direncanakan bekerja dan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan selama 24 jam dalam satu hari, sisa hari yang ada dalam satu tahun akan digunakan untuk perbaikan dan perawatan serta *shut down process*. Sesuai dengan peraturan pemerintah jumlah jam kerja untuk karyawan yang bekerja dikantor atau suatu perusahaan dalam satu minggu adalah total 40 jam kerja, dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Adapun perincian jam kerja dibedakan dalam dua bagian yang antara lain seperti dibawah ini:

a. Karyawan Non-Shift:

Karvawan non-shift bekeria selama 6 hari dalam satu minggu dengan total jam kerja 40 jam dalam satu minggu serta libur pada hari minggu dan hari libur nasional. Karyawan non-shift merupakan karyawan yang bekerja diluar proses produksi atau dengan kata lain merupakan karyawan yang bekerja dengan pekerjaan tidak kontinyu. Adapun ketentuan jam kerja untuk karyawan non-shift adalah sebagai berikut:

Senin – Kamis 08.00 - 16.00 (istirahat 12.00 - 13.00)

08.00 - 16.00 (istirahat 11.00 - 13.00) Jum at

Sabtu 08.00 - 13.00

b. Karyawan Shift:

Karyawan shift bekerja selama 24 jam dalam sehari yang terbagi menjadi 3 shift, dimana karyawan shift merupakan karyawan yang bekerja dengan jenis pekerjaan kontinyu atau langsung berhubungan dan menangani proses produksi pabrik. Karyawan shift yang bekerja dipabrik etanol ini terbagi menjadi 4 regu karyawan. Adapun ketentuan jam kerja untuk masing-masing shift adalah sebagai berikut:

Shift I 07.00 - 15.00

15.00 - 23.00Shift II :

23.00 - 07.00Shift III

Hari minggu dan hari libur lainnya karyawan shift tetap bekerja seperti biasa, dimana karyawan shift diberikan libur satu hari setiap tiga hari kerja. Untuk memenuhi kebutuhan karyawan diperlukan 4 regu dimana jika tiga regu bekerja maka satu regu libur. Adapun jadwal kerja dari setiap regu shift dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 10.5.1 Jadwal kerja karyawan shift.

Hari												
Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	L	P	P	P	L	S	S	S	L	М	М	M
В	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P
C	S	S	L	М	М	M	L	P	P	P	L	S
D	М	М	М	L	P	P	P	L	S	S	S	L

Keterangan:

L = Libur S = Siang atau Shift II

P = Pagi atau Shift I M = Malam atau Shift III

10.6. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Karyawan dalam pabrik ini akan digologkan menjadi beberapa golongan. Penggolongan karyawan ini akan dilakukan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi pada pra rencana pabrik etanol ini, adapun penggolongan tersebut antaralain:

- 1. Direktur Utama
- 2. Wakil Direktur Utama
- 3. Direktur (Direktur teknik dan produksi serta Direktur administrasi dan operasional)
- 4. Kepala Bagian (Manager)
- 5. Kepala Unit satuan kerja (Supervisor)
- 6. Karyawan Unit satuan kerja (tenaga pelaksana)

Sedangkan latar belakang pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya pada struktur organisasi dari pra rencana pabrik etanol dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Direktur Utama : Magister Teknik Kimia (S-2)

2. Wakil Direktur Utama : Magister Teknik Kimia (S-2)

3. Direktur (Kepala Departemen)

a. Direktur Teknik dan Produksi : Sarjana Teknik Kimia

b. Direktur Administrasi dan Operasional : Sarjana Ekonomi - Manajemen

4. Kepala Bagian (Manager)

a. Divisi Teknik : Sarjana Teknik Kimia

b. Divisi Produksi : Sarjana Teknik Kimia

c. Divisi Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi

d. Divisi Marketing : Sarjana Ekonomi - Manajemen

e. Divisi HRM : Sarjana Psikologi

f. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi - Manajemen

5. Kepala Unit Satuan Kerja (Supervisor)

a. Unit Teknis dan Pemeliharaan : Sarjana Teknik Kimia

b. Unit Perencanaan Produksi : Sarjana Teknik Kimia

c. Unit K₃ : Sarjana Teknik Kimia

d. Unit Utilitas : Sarjana Teknik Kimia

e. Unit Bahan Baku : Sarjana Teknik Industri

f. Unit Proses dan Pengendalian Proses : Sarjana Teknik Kimia

g. Unit QA dan QC : Sarjana Teknik Kimia

h. Unit R & D : Sarjana Kimia (MIPA)

i. Unit Pengolahan Limbah : Sarjana Teknik Kimia

j. Unit General Affair : Sarjana Public Relation

k. Unit Humas : Sarjana Public Relation

1. Unit Gudang dan Logistik : Sarjana Teknik Industri

m. Unit Pembelian : Sarjana Ekonomi

n. Unit Riset dan Penjualan : Sarjana Ekonomi - Manajemen

o. Unit HRD : Sarjana Psikologi

p. Unit TER : Sarjana Psikologi

q. Unit MIS : Sarjana Ilmu Komputer

r. Unit Akutansi dan Pembukuan : Sarjana Ekonomi – Akutansi

s. Unit Kas dan Keuangan : Sarjana Ekonomi

t. Unit Kesehatan : Sarjana Kedokteran

6. Karyawan : Diploma / SMK

10.7. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. Pada pra rencana pabrik etanol 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 250.000 ton/tahun dan beroperasi 330 hari/tahun adalah:

Jumlah karyawan = 60 orang-jam/hari/tahapan

Karena jumlah tahapan proses keseluruhan terbagi dalam 6 tahap, maka:

Karyawan proses = 60 orang-jam/hari/tahapan \times 6 tahap

= 360 orang-jam/hari

Direncanakan kegiatan produksi dalam satu hari dilaksanakan dalam 3 *shift* kerja dan masing-masing *shift* adalah 8 jam/hari, maka:

Karyawan proses = 360 orang-jam/hari : 3 shift/hari

= 120 orang-jam/hari/shift

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam/hari, maka:

Karyawan proses = 120 orang-jam/hari : 8 jam/hari

= 15 orang-hari/shift

Karena karyawan *shift* terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka : Jumlah karyawan proses keseluruhan = 15 orang hari/shift × 4 regu = 60 orang setiap hari (untuk 4 regu). Sedangkan perincian kebutuhan tenaga kerja yang diperlukan pada pabrik Etanol ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 10.7.1. Perincian kebutuhan tenaga kerja

No.	Jabatan	Jumlah
1	Dewan Komisaris	5
2	Direktur Utama	1
3	Wakil Direktur Utama	1
4	Direktur Teknik dan Produksi	1
5	Direktur Administrasi dan Operasional	1
6	Kepala Bagian Teknik (Engineering)	1
7	Kepala Unit Teknis dan Pemeliharaan (Maintenance)	1
8	Karyawan Unit Teknis dan Pemeliharaan (Maintenance)	12
9	Kepala Unit Perencanaan Produksi (Planing)	1
10	Karyawan Unit Perencanaan Produksi (Planing)	8
11	Kepala Unit K ₃ (Industrial Safety)	1
12	Karyawan Unit K ₃ (<i>Industrial Safety</i>)	6
13	Kepala Bagian Produksi (Production)	1
14	Kepala Unit Utilitas (Utility)	1
15	Karyawan Unit Utilitas (Utility)	12
16	Kepala Unit Bahan Baku	1
17	Karyawan Unit Bahan Baku	6
18	Kepala Unit Proses dan Pengendalian Proses	1
19	Karyawan Unit Proses dan Pengendalian Proses	60
20	Kepala Unit Quality Ansurance and Quality Control	1
21	Karyawan Unit Quality Ansurance and Quality Control	12

22	Kepala Unit Research and Development	1
23	Karyawan Unit Research and Development	6
24	Kepala Unit Pengolahan Limbah	1
25	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	6
26	Kepala Bagian Administrasi	1
27	Kepala Unit General Affair (GA)	1
28	Karyawan Unit General Affair (GA)	6
29	Kepala Unit Humas	1
30	Karyawan Unit Humas	4
31	Kepala Unit Gudang dan Logistik	1
32	Karyawan Unit Gudang dan Logistik	8
33	Kepala Bagian Marketing	1
34	Kepala Unit Pembelian (Purchasing)	1
35	Karyawan Unit Pembelian (Purchasing)	4
36	Kepala Unit Riset dan Penjualan (Market and Research)	1
37	Karyawan Unit Riset dan Penjualan (Market and Research)	10
38	Kepala Bagian Human Resources Management (HRM)	1
39	Kepala Unit Human Resources Department (HRD)	1
40	Karyawan Unit Human Resources Department (HRD)	6
41	Kepala Unit Training and Employee Relation (TER)	1
42	Karyawan Unit Training and Employee Relation (TER)	6
43	Kepala Unit Management Information System (MIS)	1
44	Karyawan Unit Management Information System (MIS)	4
45	Kepala Bagian Keuangan	1
.46	Kepala Unit Akutansi dan Pembukuan	1
47	Karyawan Unit Akutansi dan Pembukuan	2
48	Kepala Unit Kas dan Keuangan	1
49	Karyawan Unit Kas dan Keuangan	2
50	Dokter Perusahaan	1
51	Karyawan Poliklinik	4
52	Karyawan Kebersihan/Taman	10
53	Karyawan Keamanan	10
54	Karyawan Parkir	4
55	Sopir	5
	Jumlah	248

10.8. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahan dari karyawan itu sendiri yang menyebabkan dia tidak melaksanakan tugasnya sebagai karyawan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan antara lain :

1. Tunjangan

- a. Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdiannya kepada perusahaan.
- b. Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

2. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan (dua pasang setiap tahunnya), perlengkapan keselamatan kerja (misalnya helm, sarung tangan, sepatu boot (safety shoe), kacamata pelindung, masker dan lain-lain), selain itu fasilitas yang akan diberikan kepada karyawan adalah fasilitas antar jemput(bagi kepala unit dan karyawan), kendaraan dinas (kendaraan roda empat untuk direktur dan roda dua untuk kepala bagian), tempat tinggal dan lain-lain.

3. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah di tunjuk dan akan diberikan secara cuma-cuma.
- b. Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan akan mendapatkan penggantian ongkos pengobatan secara penuh.
- c. Untuk pengobatan berat akan diberikan bantuan berupa penggantian 50% biaya pengobatan yang akan diberikan langsung kepada dokter, rumah sakit maupun apotek yang telah ditunjuk perusahaan.

4. Insentif atau bonus

Insentif diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentif ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentif untuk golongan operatif (golongan kepala unit ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang telah dicapai.

5. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelum pengambilan hari cuti dengan tujuan untuk dipertimbangkan ijinnya.
- b. Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
- c. Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.
- d. Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

10.9. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pabrik etanol 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 reguler 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 membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

3. Karyawan borongan

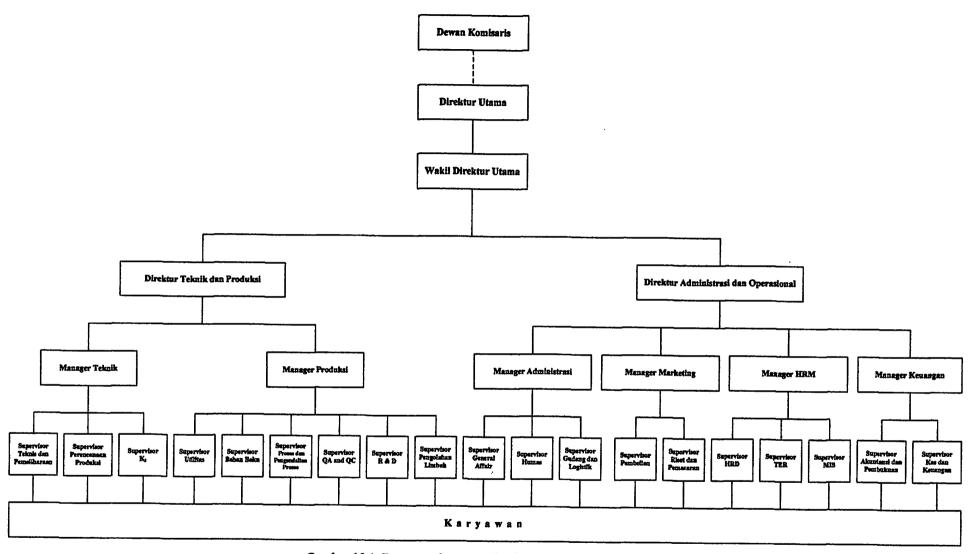
Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut dan dibayarkan setelah pekerjaannya selesai.

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

	Tabol 10.7.1. Datai upan (gaji) karyawan					
No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp/Orang)	Total		
1	Dewan Komisaris	5	Rp 5.000.000	Rp 25.000.000		
2	Direktur Utama	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000		
3	Wakil Direktur Utama	1	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000		
4	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000		
5	Direktur Administrasi dan Operasional	1	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000		
6	Kepala Bagian Teknik (Engineering)	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000		
7	Kepala Unit Teknis dan Pemeliharaan (Maintenance)	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
8	Karyawan Unit Teknis dan Pemeliharaan (Maintenance)	12	Rp 1.500.000	Rp 18.000,000		
9	Kepala Unit Perencanaan Produksi (Planing)	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
10	Karyawan Unit Perencanaan Produksi (Planing)	8	Rp 1.500.000	Rp 12.000.000		
11	Kepala Unit K ₃ (Industrial Safety)	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
12	Karyawan Unit K ₃ (Industrial Safety)	6	Rp 1.300.000	Rp 7.800.000		
13	Kepala Bagian Produksi (Production)	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000		
14	Kepala Unit Utilitas (Utility)	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
15	Karyawan Unit Utilitas (Utility)	12	Rp 1.300.000	Rp 15.600.000		
16	Kepala Unit Bahan Baku	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
17	Karyawan Unit Bahan Baku	6	Rp 1.300.000	Rp 7.800.000		
18	Kepala Unit Proses dan Pengendalian Proses	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
19	Karyawan Unit Proses dan Pengendalian Proses	60	Rp 1.500.000	Rp 90.000.000		
20	Kepala Unit Quality Ansurance and Quality Control	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		
21	Karyawan Unit Quality Ansurance and Quality Control	12	Rp 1.500.000	Rp 18.000.000		
22	Kepala Unit Research and Development	1	Rp 2.550.000	Rp 2.550.000		

23	Karyawan Unit Research and Development	6	Rp	1.500.000	Rp 9.000,000
24	Kepala Unit Pengolahan Limbah	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
25	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	6	Rp	1.500.000	Rp 9.000.000
26	Kepala Bagian Administrasi	1	Rp	4.000.000	Rp 4.000.000
27	Kepala Unit General Affair (GA)	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550,000
28	Karyawan Unit General Affair (GA)	6	Rp	1.500.000	Rp 9.000.000
29	Kepala Unit Humas	1	Rp	2.550,000	Rp 2.550.000
30	Karyawan Unit Humas	4	Rp	1.500.000	Rp 6.000.000
31	Kepala Unit Gudang dan Logistik	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
32	Karyawan Unit Gudang dan Logistik	8	Rp	1.300.000	Rp 10.400.000
33	Kepala Bagian Marketing	1	Rp	4.000.000	Rp 4.000.000
34	Kepala Unit Pembelian (Purchasing)	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
35	Karyawan Unit Pembelian (Purchasing)	4	Rp	1.500.000	Rp 6.000.000
36	Kepala Unit Riset dan Penjualan (Market and Research)	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
37	Karyawan Unit Riset dan Penjualan (Market and Research)	10	Rp	1.750.000	Rp 17.500.000
38	Kepala Bagian Human Resources Management (HRM)	1	Rp	4.000.000	Rp 4.000.000
39	Kepala Unit Human Resources Department (HRD)	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
40	Karyawan Unit Human Resources Department (HRD)	6	Rp	1.500.000	Rp 9.000.000
41	Kepala Unit Training and Employee Relation (TER)	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
42	Karyawan Unit Training and Employee Relation (TER)	6	Rp	1.750.000	Rp 10.500.000
43	Kepala Unit Management Information System (MIS)	1	Rp	2.550,000	Rp 2.550.000
44	Karyawan Unit Management Information System (MIS)	4	Rp	1.500.000	Rp 6.000.000
45	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp	4.000.000	Rp 4.000.000
46	Kepala Unit Akutansi dan Pembukuan	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
47	Karyawan Unit Akutansi dan Pembukuan	2	Rp	1.500.000	Rp 3.000.000
48	Kepala Unit Kas dan Keuangan	1	Rp	2.550.000	Rp 2.550.000
49	Karyawan Unit Kas dan Keuangan	2	Rр	1.500.000	Rp 3.000.000
50	Dokter Perusahaan	1	Rp	2.000.000	Rp 2.000.000
51	Karyawan Poliklinik	4	Rp	1.300.000	Rp 5.200.000
52	Karyawan Kebersihan/Taman	10	Rp	1.200.000	Rp 12.000.000
53	Karyawan Keamanan	10	Rp	1.200.000	Rp 12.000.000
54	Karyawan Parkir	4	Rp	1.200.000	Rp 4.800.000
55	Sopir	5	Rp	1.200.000	Rp 6.000.000
	Jumlah	248			Rp 452.050.000



Gambar 10.1. Bagan struktur organisasi pra rencana pabrik etanol

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 Invesment (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 Invesment (FCI) antara lain:

- a. Biaya langsung (Direct cost), meliputi:
 - Pembelian alat
 - Instalasi peralatan
 - Instrumentasi dan alat kontrol
 - Perpipaan terpasang
 - Listrik terpasang
 - Tanah dan bangunan
 - Fasilitas pelayanan
 - Pengembangan lahan

- b. Biaya tak langsung (Indirect cost)
 - Teknik dan supervisi
 - Konstruksi
 - Kontraktor
 - Biaya tak terduga

2. Working Capital Investment (WCI)

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dan besarnya kapasitas dalam beberapa waktu 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:

Total Capital Invesment (TCI) = Modal tetap (FCI) + 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 :

- Upah karyawan
- Plant overhead
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Laboratorium
- Biaya umum (General Expenses)
- 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 ekivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada Pra Rencana Pabrik Etanol dari *Syngas* ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur Peters and Klaus D. Timmerhaus, Gael D. Ulrich dan www.matche.com. Untuk menaksir harga alat pada tahun 2015, maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{x} = C_{k} \times \frac{I_{x}}{I_{k}}$$

(Peters and Klaus D. Timmerhaus. hal. 164)

Dimana:

C_x = Tafsiran harga pada saat ini

C_k = Tafsiran harga pada tahun k

I_x = Indeks harga saat in

 \bar{I}_k = Indeks harga tahun k

Sedangkan untuk menafsir harga peralatan yang sama dengan kapasitas berbeda digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_A = V_B \times \left(\frac{C_A}{C_B}\right)^n$$

(Peters and Klaus D. Timmerhaus. hal. 169)

Dimana:

 V_A = Harga alat A

 V_B = Harga alat B

 C_A = Kapasitas A

 $C_B = Kapasitas B$

n = Eksponen harga alat (Peters and Klaus D. Timmerhaus. hal. 170)

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

A. Biaya Langsung (DC)

1	Harga peralatan (E)			Rp.	786.547.702.965,46
2	Instrumentasi & kontrol	36%	E	Rp.	283.157.173.067,57
3	Perpipaan terpasang (68%E)	68%	E	Rp.	534.852.438.016,51
4	Intalasi	39%	E	Rp.	306.753.604.156,53
5	Listrik Terpasang	11%	E	Rp.	86.520.247.326,20
Ha	rga diatas kapal (FOB)			Řр.	1.997.831.165.532,27
6	Angkutan kapal laut	13%	FOB	Rp.	259.718.051.519,20
Ongkos + Muatan (CF)				Āр.	2.257.549.217.051,47
7	Asuransi	1%	CF	Rp.	22.575.492.170,51
Biaya asuransi muatan (CIF)				Āр.	2.280.124.709.221,98
8	Angkutan ke plant site	11%	E	Rp.	86.520.247.326,20

	9 Fasilitas & bengkel	70%	E	Rp.	550.583.392.075,82
	10 Pemasangan alat	11%	E	Rp.	86.520.247.326,20
	11 Tanah & bangunan			Rp.	39.249.750.000,00
	Total Biaya Langsung (TDC)			Rp.	3.042.998.345.950,21
B. B	iaya Tidak Langsung (IC)				
	12 Engineering & Supervisi	33%	E	Rp.	259.560.741.978,60
	13 Biaya konstruksi	41%	E	Rp.	322.484.558.215,84
	14 Biaya kontraktor	22%	E	Rp.	173.040.494.652,40
	Total Biaya Tidak Langsung (TIC)			Řр.	755.085.794.846,84
C. 1	otal Plant Cost (TPC)				
	15 Total Biaya Langsung (TDC)			Rp.	3.042.998.345.950,21
	16 Total Biaya Tidak Langsung (TIC)			Rp.	755.085.794.846,84
	Total Plant Cost (TPC)			Řр.	3.798.084.140.797,05
	17 Biaya tidak terduga	44%	E	Rp.	346.080.989.304,80
D. N	Iodal Tetap (FCI)			Āр.	3.798.084.140.797,05
E. M	Iodal Kerja (WCI)				
	18 Modal kerja	15%	TĊI	Rp.	670.250.142.493,60
F. T	otal Capital Investment (TCI)				
	19 Modal Tetap (FCI)			Rp.	3.798.084.140.797,05
	20 Modal Kerja (WCI)			Rp.	670.250.142.493,60
	Total Capital Investment (TCI)			Āр.	4.468.334.283.290,65
Mod	al Perusahaan				
	Modal Pribadi (MP)	60%	TĆI	Rp.	2.681.000.569.974,39
	Modal Pinjaman Bank (MPB)	40%	TCI	Rp.	1.787.333.713.316,26
Pene	entuan Biaya Produksi				
Man	ufacturing Cost				
A. B	iaya produksi langsung (DPC)				
1	Bahan baku (1 tahun)			Rp	1.160.997.741.387,15
2	Tenaga kerja (TK)			Rp	5.424.600.000,00
3	Utilitas			Rp	307.486.135.208,90
4	Maintenance dan perbaikan	2%	FĆI	Rp	75.961.682.815,94

5	Operating supplies (penyediaan bahar	1%	FĊI	Rp	18.990.420.703,99
6	Laboratorium	10%	TK	Rp	542.460.000,00
7	Biaya supervisi	10%	TK	Rp	542.460.000,00
8	Produk dan royalti	1%	TPC	Rp	25.357.376.064,13
	Total DPC			Řр	1.595.302.876.180,11
B. I	Biaya tetap (FC)				
1.	Depresiasi (peralatan,bangunan)	10%	FĊI	Rp	379.808.414.079,71
2.	Pajak	3%	FCI	Rp	113.942.524.223,91
3 .	Asuransi	1%	FČI	Rp	18.990.420.703,99
4.	Bunga	12,50%	MPB	Rp	223.416.714.164,53
	Total biaya tetap			Ћр	736.158.073.172,13

C. Biaya plant overhead (Plant Overhead Cost)

Plant Overhead Cost (POC) = 70% dari ongkos buruh, supervisi, & maintenanc = Rp. 57.350.119.971,16

Total biaya Manufacturing Cost Rp 2.388.811.069.323,40

Biaya pengeluaran umum (General Expenses)

1	Biaya administrasi	15%	TK	Rp	813.690.000,00
2	Biaya distribusi dan penjualan	2%	TPC	Rp	50.714.752.128,26
3	Biaya R & D	2%	TPC	Rр	50.714.752.128,26
4	Financing	1%	TCI	Rp	44.683.342.832,91
	Total pengeluaran umum (GE)			Řр	146.926.537.089,42

Total Production Cost (TPC)

Manufacturing Cost	Rp	2.388.811.069.323,40
Biaya pengeluaran umum (General Expenses)	Rр	146.926.537.089,42
Total Production Cost (TPC)	Īгр	2.535.737.606.412,82

4. Analisis Probabilitas

Asumsi yang diambil adalah

a. Modal

60% MP = Rp. 2.681.000.569.974,39 40% MPB = Rp. 1.787.333.713.316,26

b. Bunga kredit sebesar 12,50% per tahun

c. Masa Konstruksi:

Tahun I : 60% MP + 40% MPB

Tahun II : 60% MP + 40% MPB

- d. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- e. Umur pabrik 10 tahun
- f. Kapasitas produksi:

Tahun I: 65% dari produksi total

Tahun II : 85% dari produksi total

- h. Pajak Penghasilan: 40% per tahun
- * Menghitung Biaya Variabel (VC)
 - Bahan Baku pertahun = Rp. 1.160.997.741.387,15
 - Biaya Utilitas pertahun = Rp. 307.486.135.208,90
 - Biaya Pengemasan = Rp. 959.751.294.414,88
 - Produk dan royalti = Rp. 25.357.376.064,13
 - Angkutan kapal laut = Rp. 259.718.051.519,20

Total Biaya Variable (VC) = Rp. 2.713.310.598.594,25

- * Menghitung Biaya Semi Variable (SVC)
 - Biaya Umum (GE) = Rp. 146.926.537.089,42
 - Biaya Overhead = Rp. 57.350.119.971,16
 - Penyediaan operasi = Rp. 50.714.752.128,26
 - Perawatan dan Pemeliharaan = Rp. 75.961.682.815.94
 - Gaji karyawan langsung = Rp. 5.424.600.000,00
 - Biaya laboratorium = Rp. 50.714.752.128,26
 - Supervisi = Rp. 542.460.000,00

Total Biaya Semi Variable (SVC) = Rp. 387.634.904.133,03

- * Hasil Harga Penjualan (S) untuk kapasitas 100% adalah
 - S = Rp. 4.794.413.019.976,80

3. Laba Perusahaan untuk kapasitas 100%

Laba Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp. 4.794.413.019.976,80

Laba kotor = Harga Jual - Biaya Produksi

$$= \bar{R}p. \quad 4.794.413.019.977 \quad - \bar{R}p. \quad 2.535.737.606.412,82$$

$$= Rp. \quad 2.258.675.413.563,9800$$
Pajak penghasilan
$$= 40\% \quad \times \text{ Laba kotor}$$

$$= 40\% \quad \times \text{ Rp.} \quad 2.258.675.413.563,9800$$

$$= \bar{R}p. \quad 903.470.165.426$$
Laba Bersih
$$= \bar{R}p. \quad 2.258.675.413.564 \quad \times \quad (1 \quad - \quad 40\% \quad)$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (CA):

= Rp. 1.355.205.248.138,39

3.1 Laju Pengembalian Modal (Rate On Investment = ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$ROI_{BT} = \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

$$= \frac{2.258.675.413.563,98}{3.798.084.140.797,05} \times 100\%$$

$$= 37.47\%$$

b. ROI setelah pajak

ROI_{AT} =
$$\frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

= $\frac{1.355.205.248.138,39}{3.798.084.140.797,05} \times 100\%$
= 13.68% dari modal investasi

5. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan / waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

POT =
$$\frac{\text{FCI}}{Cash flow \text{ setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

= $\frac{3.798.084.140.797,05}{1.735.013.662.218,09} \times 1 \text{ tahun}$
= 2,19 tahun

6. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

BEP =
$$\frac{FC + (0.3 \text{ SVC})}{S - 0.7 \text{SVC - VC}} \times 100\%$$

Diketahui:

- FC (biaya produksi tetap) = Rp. 736.158.073.172,13
- SVC (semi variable cost) = Rp. 387.634.904.133,03
- VC (variable cost) = Rp. 2.713.310.598.594,25
- S (harga penjualan) = Rp. 4.794.413.019.976,80
BEP =
$$\frac{FC + (0.3 \text{ SVC})}{S - 0.7 \text{SVC} - \text{VC}}$$
 × 100%
= 47,10%

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi

= BEP × Kapasitas/tahun
=
$$47,10\%$$
 × 250.000
= $117.757,2567$ ton/tahun
PB_i = $\frac{(100\% - BEP) - (100\% - \%kapasitas)}{(100\% - BEP)}$ × PB

Tahun I diasumsikan kapasitas pabrik 65% dari kapasitas produksi total, sehingga:

$$PB_{I} = \frac{(100\% - 47,10\%) - (100\% - 65\%)}{(100\% - 47,10\%)} \times 1.355.205.248.138,39$$

$$= Rp. 458.517.412.598,72$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (CA) Tahun I:

C_A = Laba bersih + Depresiasi alat

 $= \bar{R}p. 458.517.412.598,72 + \bar{R}p. 379.808.414.079,71$

= Rp. 838.325.826.678,42

Tahun II diasumsikan kapasitas pabrik 85% dari kapasitas produksi total, sehingga:

$$PB_{II} = \frac{(100\% - 47,10\%) - (100\% - 85\%)}{(100\% - 47,10\%)} \times 1.355.205.248.138,39$$

= Rp. 970.910.461.478,53

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (CA) Tahun II:

= Rp. 970.910.461.478,53 + Rp. 379.808.414.079,71

 $= \bar{R}p. 1.350.718.875.558,23$

7. Shutting Down Point (SDP)

SDP adalah titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi

$$SDP = \frac{0.3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0.7 \text{SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

Diketahui:

-
$$\dot{S}$$
 (harga penjualan) = Rp. 4.794.413.019.976,80

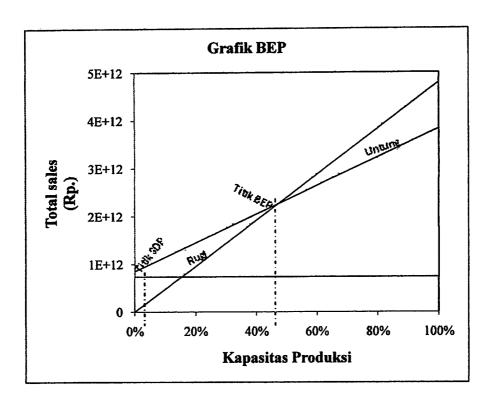
SDP =
$$\frac{(0.3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0.7 \text{SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

= 6,43%

Titik SDP terjadi pada kapasitas produksi

$$=$$
 6,43% \times 250.000

= 16.064,3677 ton/tahun



Net Present Value (NPV)

Diasumsikan masa kontruksi selama 2 tahun (tahun ke-1 = 40% & tahun ke-2 = 60%):

$$C_{A-2}$$
 = 40% × FCI × $(1+i)^2$
 = 40% × 3.798.084.140.797,05 × 1,26563
 = Rp. 1.922.780.096.278,51

$$C_{A-1}$$
 = 60% × FCI × $(1+i)^1$
= 60% × 3.798.084.140.797,05 × 1,125
= Rp. 2.563.706.795.038,01
 C_{A0} = - C_{A-1} - C_{A-2}
= -2.563.706.795.038,01 - 1.922.780.096.278,51
= \bar{R} p. -4.486.486.891.316,51

Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

$$F_d = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Tahun	Cash Flow (C _A)	Fd: - 12.500/	NPV
ke-	(Rp.)	i = 12,50%	(Rp.)
0	-4.486.486.891.316,51	1	-4.486.486.891.316,51
1	838.325.826.678,42	0,8889	745.178.512.603,04
2	1.350.718.875.558,23	0,7901	1.067.234.667.107,74
3	1.735.013.662.218,09	0,7023	1.218.555.548.773,20
4	1.735.013.662.218,09	0,6243	1.083.160.487.798,40
5	1.735.013.662.218,09	0,5549	962.809.322.487,47
6	1.735.013.662.218,09	0,4933	855.830.508.877,75
7	1.735.013.662.218,09	0,4385	760.738.230.113,56
8	1.735.013.662.218,09	0,3897	676.211.760.100,94
9	1.735.013.662.218,09	0,3464	601.077.120.089,72
10	1.735.013.662.218,09	0,3079	534.290.773.413,09
	WCI		670.250.142.493,60
	Total		4.688.850.182.541,99

Tahun	Cash Flow (C _A)	NPV	NPV
ke-	(Rp.)	i = 12,50%	i = 13,10%
0	-4.486.486.891.316,51	-4.486.486.891.316,51	-4.486.486.891.316,51
1	838.325.826.678,42	745.178.512.603,04	741.238.470.840,01
2	1.350.718.875.558,23	1.067.234.667.107,74	1.055.978.753.237,55
3	1.735.013.662.218,09	1.218.555.548.773,20	1.199.328.670.146,52
4	1.735.013.662.218,09	1.083.160.487.798,40	1.060.433.212.485,29
5	1.735.013.662.218,09	962.809.322.487,47	937.623.377.255,28
6	1.735.013.662.218,09	855.830.508.877,75	829.036.272.369,49
7	1.735.013.662.218,09	760.738.230.113,56	733.024.749.144,20
8	1.735.013.662.218,09	676.211.760.100,94	648.132.416.838,87
9	1.735.013.662.218,09	601.077.120.089,72	573.071.550.787,10
10	1.735.013.662.218,09	534.290.773.413,09	506.703.559.009,26
	WCI	670.250.142.493,60	670.250.142.493,60
	Total	4.688.850.182.541,99	4.468.334.283.290,65

Modal awal (TCI) = Rp
$$4.468.334.283.290,65$$
Ratio = $\frac{NPV}{TCI}$
= $\frac{4.468.334.283.290,65}{4.468.334.283.290,65}$
= $1,00$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai 13,10% per tahun.

Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk pinjaman modal pada bank. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan kondisi tingkat bunga bank sebesar 12,50% per tahun

BAB XII

KESIMPULAN

Pra Rencana Pabrik Etanol dengan proses Mixed Alcohol Synthesis Reaction ini diharapkan mampu mencapai hasil produksi dan sesuai dengan tujuan pendirian pabrik. Berdasarkan seleksi proses pembuatan, tata letak pabrik serta pertimbangan lainnya, maka Pra Rencana Pabrik Etanol direncanakan didirikan di Daerah Ilir Timur II Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan pada tahun 2015 dengan kapasitas 250.000 ton/tahun dengan memperhatikan berbagai aspek yang ada, adapun aspek aspek yang mendasari ditariknya kesimpulan ini antara lain:

12.1. Aspek Teknis

Ditinjau dari aspek teknis, proses pembuatan etanol ini menggunakan proses *Mixed Alcohol Synthesis Reaction* dengan menggunakan katalis MoS₂ yang lebih menguntungkan dari proses yang lainnya. Selain itu proses ini dinilai lebih baik dan sederhana dibandingkan dengan proses lain.

12.2. Aspek Sosial

Ditinjau dari aspek sosial, pendirian pabrik etanol ini dinilai menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Mengurangi tingkat pengangguran di daerah maupun di Indonesia.
- Meningkatkan pendapatan perkapita penduduk di daerah sekitar lokasi pabrik.
- Mendorong terciptanya kemandirian bangsa dalam meningkatkan kualitas dibidang industri non migas maupun pendukung sektor migas.

12.3. Aspek Lokasi Pabrik

Ditinjau dari aspek lokasi pendirian di daerah Ilir Timur II Kota Palembang ,Provinsi Sumatera Selatan, sangat menguntungkan karena :

- Lokasi pabrik dekat dengan bahan baku dan pemasaran produk
- Dekat dengan pelabuhan sehingga pembelian bahan baku dan distribusi penjualan produk lebih mudah.
- Tersedianya kebutuhan air, bahan bakar dan tenaga listrik yang memadai sehingga dapat memenuhi kebutuhan pabrik.

- Fasilitas sarana transportasi yang memadai baik untuk pengiriman bahan baku maupun produk.
- Tersedianya tenaga kerja yang memadai.

12.4. Aspek Pemasaran

Ditinjau dari aspek pemasaran produk utama yaitu etanol ini diperkirakan akan mendapatkan peluang keuntungan yang cukup besar karena :

- Kebetuhan etanol yang terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun akan membuka peluang pemasaran maupun perluasan sasaran pemasaran.
- Banyaknya manfaat etanol disegala bidang akan menjadikan etanol sebagai bahan yang akan terus diperlukan sehingga akan membuat industri etanol terus hidup.
- Semakin meningkatnya kebutuhan Bahan Bakar Minyak nasional dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi akan membuka peluang pemasaran etanol sebagai bahan bakar campuran bensin (gasohol) sehingga akan membuka peluang pemasaran etanol untuk bahan bakar seperti tujuan awal pendirian pabrik.

12.5. Aspek Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk menguji kelayakan suatu pabrik untuk didirikan, baik dalam jangka waktu yang panjang maupun pendek. Ditinjau dari aspek ekonomi dan setelah melakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Etanol dengan kapasitas 250.000 ton/tahun, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Total Capital Invesment (TCI) = Rp. 4.468.334.283.290,65

- Total Production Cost (TPC) = Rp. 2.535.737.606.412,82

- Rate Of Return (ROI) :

- ROI Before Tax = 37,47%

- ROI After Tax = 13,68 %

- Pay Out Time (POT) = 2,19 tahun

- Break Event Point (BEP) = 47,1 %

- Net Present Value (NPV) = Rp. 4.468.334.283.290,65 bernilai (+)

- Internal Rate of Return (IRR) = 13,10 %

Berdasarkan pada berbagai aspek tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Etanol dari *Syngas* dengan kapasitas 250.000 ton/tahun yang akan didirikan di Daerah Ilir Timur II Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2012. Alibaba Manufacture Directory-Suppliers, manufactures, Exporters and Importers, http://www.alibaba.com., diakses tanggal 24 Januari 2012.
- Anonymous. 2011. Carbon dioxide. http://id.wikipedia.org/wiki/., diakses tanggal 21 September 2011.
- Anonymous. 2011. Ethanol. http://id.wikipedia.org/wiki/., diakses tanggal 21 September 2011.
- Anonymous. 2012. Heating Value Diesel Oil. http://www.bioenergy.ornl.gov/., diakses tanggal 22 Januari 2012.
- Anonymous. 2011. *Liquid Nitrogen*. http://id.wikipedia.org/wiki/., diakses tanggal 21 September 2011.
- Anonymous. 2011. *Methanol*. http://id.wikipedia.org/wiki/., diakses tanggal 21 September 2011.
- Anonymous. 2011. *Molybdenum disulphite*. http://id.wikipedia.org/wiki/., diakses tanggal 17 Desember 2011.
- Anonymous. 2011. Molybdenum disulphite. http://www.readesupersite.org/search/., diakses tanggal 17 Desember 2011
- Anonymous. 2011. *Peta Wilayah Indonesia*. http://www.googleearth.com/., diakses tanggal 30 Desember 2011.
- Anonymous. 2012. *Proces Equipment Cost*. http://www.matche.com/., diakses tanggal 3 Januari 2012.
- Anonymous. 2011. Produsen Ethanol di Indonesia. http://www.slideshare.net., diakses tanggal 3 September 2011.
- Anonymous. 2011. Proyeksi Konsumsi Ethanol sebagai Campuran Premium. Balai Besar Teknologi Pati-BPPT. http://www.distan.pemda-diy.go.id., diakses tanggal 3 September 2011.
- Anonymous. 2011. Syngas. http://id.wikipedia.org/wiki/., diakses tanggal 11 November 2011.
- Anonymous. 2011. Syngas Etanol Process for Synthesis Gas Upgrade. http://www.abc-alternative-energy.de., diakses tanggal 3 September 2011.
- Bejan, Adrian, dkk., (2003), "Heat Transfer Handbook", John Wiley & Sons Inc., New York.

- Benasconi, G., (1995), "Chemichal Technology Handbook", Mc Graw Hill International Book Company, Singapore.
- Brownell, & E., Young, (1959). "Process Equipment Design". John Wiley & Sons Inc., New York.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 1983. "Chemical Engineering". Vol. 6. Oxford: Pergamon Press, New York.
- Geankoplis, Christie J., (1993). "Transport Process & Unit Operation", 3th edition, Prentice Hall Inc., New Delhi.
- Hasse, Herman C., (1945). "Process Equipment Design". D. Van Hostrand Company Inc., New Jersey.
- J. M. Smith and Van Ness. (1956), "Introdustion to Chemical Engineering Thermodynamics", 5^{ed}, International Student edition. Mc. Graw Hill Book Company, Singapore.
- Kern, Donald Q., (1965). "Process Heat Transfer". Mc Graw Hill International Book Company, Singapore.
- Ludwig, Ernest E., (1999). "Design For Chemical & Petroleum Plant". Volume 1. 3th edition.
 Gulf Professional Publishing Company, Houston.
- Ludwig, Ernest E., (1999). "Design For Chemical & Petroleum Plant". Volume 2. 3th edition. Gulf Professional Publishing Company, Houston.
- Ludwig, Ernest E., (1999). "Design For Chemical & Petroleum Plant". Volume 3. 3th edition.

 Gulf Professional Publishing Company, Houston.
- Mc. Cabe, W. L. and J. C. Smith, (1987), "Operasi Teknik Kimia", jilid I, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
- Mc. Cabe, W. L. and J. C. Smith, (1987), "Operasi Teknik Kimia", jilid II, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
- Miller, Jr., J.W.; Schoor, G.R. & Yaws, C.L., (1976). "Chemical Engineering". John Wiley & Sons Inc., New York.
- Nurdyastuti, Indah, (2008), "Teknologi Proses Bioethanol", Jakarta.
- Othmer, Kirk. (1961). "Encyclopedia of Chemical Technology". Vol 1, 2nd ed. John Willey and son Inc. New York.
- Othmer, Kirk. (1961). "Encyclopedia of Chemical Technology". Vol 5, 2nd ed. John Willey and son Inc. New York.
- Othmer, Kirk. (1961). "Encyclopedia of Chemical Technology". Vol 9, 2nd ed. John Willey and son Inc. New York.

- Othmer, Kirk. (1961). "Encyclopedia of Chemical Technology". Vol 13, 2nd ed. John Willey and son Inc. New York.
- Othmer, Kirk. (1961). "Encyclopedia of Chemical Technology". Vol 16, 2nd ed. John Willey and son Inc. New York.
- Perry, Robert H. & Chilton, Cecil H., (1973). "Chemical Engineer's Handbook". 5th edition.

 Mc Graw Hill Company, New York.
- Perry, Robert H. & Chilton, Cecil H., (1997). "Chemical Engineer's Handbook" 7th edition.

 Mc Graw Hill Company, New York.
- Perry, Robert H. & Chilton, Cecil H., (2008). "Chemical Engineer's Handbook". 8th edition.

 Mc Graw Hill Company, New York.
- Philips, S. dkk., (2007), "Thermochemical Ethanol via Indirect Gasification and Mixed Alcohol Synthesis of Lignocellulosic Biomass", Neoterics International Inc., Springfiled.
- Prihandana, Rama, (2007), "Bioethanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan", Argomedia, Jakarta.
- Savern, H.W. (1964). "Steam Air and Gas Power". 5th Edition, John Willey And Sons Inc, New York.
- Speight, James G., (2002). "Chemical & Process Design Handbook". Mc Graw Hill International Book Company, Singapore.
- Sugiharto, (1987), "Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah", Universitas Indonesia, Jakarta.
- Taylor, Paul D., (1978), "Homologation of Alkanols", New York.
- Timmerhaus, Peters M.S., (2003). "Plant Design & Economics For Chemical Engineering".

 5th edition. Mc Graw Hill International Book Company, Singapore.
- Ulrich, Gael D., (1984). "A Guide To Chemical engineering Process Design & Economics".

 John Willeyn Sons Inc., Kanada.
- Vilbrandt, Frank C., & Dryden, Charlese, (1959). "Chemical Engineering Plant Design". 4th edition. Mc Graw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Wallas, Stanley M., (1990), "Chemical Process Equipment", University of Kansas, United States of America.