

**PRA RANCANGAN PABRIK ETHANOL
DARI ETHYLENE DAN AIR**

KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

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



Disusun oleh :

Nama : Septianing Dwi N.K Nama : Enindita Nugrahani
No. Mhs : 06 521 007 No. Mhs : 06 521 009

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

2011

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
TUGAS AKHIR PRA RANCANGAN PABRIK
ETHANOL DARI ETHYLENE DAN AIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Septianing Dwi N.K Nama : Enindita Nugrahani
No. Mahasiswa : 06 521 007 No. Mahasiswa : 06 521 009

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

Demikianlah pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



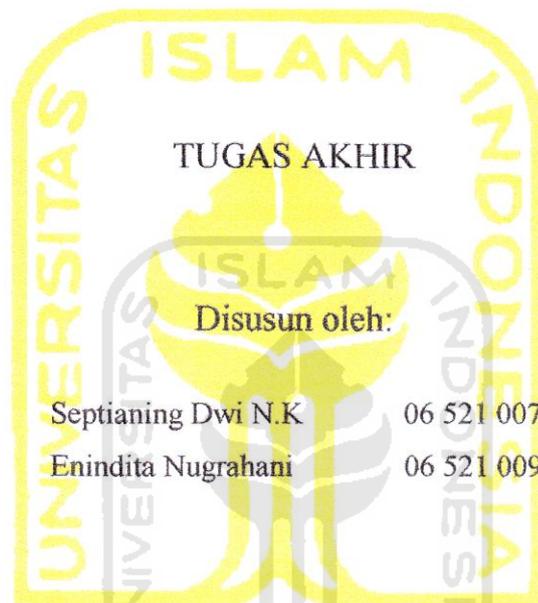
Yogyakarta, 11 Maret 2011

Septianing Dwi Nur Khasanah

Enindita Nugrahani

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ETHANOL DARI ETHYLENE DAN AIR KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Septianing Dwi N.K 06 521 007

Enindita Nugrahani 06 521 009

Yogyakarta, 11 Maret 2011

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

(Drs-Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D)

Pembimbing II

(Dyah Retno Sawitri, ST)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK
ETHANOL DARI ETHYLENE DAN AIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 11.03.2011

Tim Penguji,

Drs., Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D.

Ketua

Asmanto Subagyo, M.Sc.

Anggota I

Ariany Zulkania, ST., M.Eng.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Kamariah Anwar, MS.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kita panjatkan Ke-hadirat Allah SWT sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Teriring sholawat serta salam semoga tercurah kepada suri tauladan kita Nabi Muhammad SAW.

Sesuai dengan kurikulum pada program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, maka salah satu kewajiban bagi setiap mahasiswa adalah menempuh Tugas Akhir yang merupakan syarat yang harus ditempuh untuk menuju kelulusan. Untuk memenuhi kewajiban tersebut, maka penyusun telah melaksanakan Tugas Akhir dengan mengambil judul *Pra rancangan Pabrik Ethanol dari Ethylene dan Air Kapasitas 50.000 ton/tahun*.

Terlaksananya Tugas Akhir ini tentu saja tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Gumbolo HS., Ir., M Sc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dra., Hj. Kamariah Anwar, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Drs.Ir. Faisal RM, MSIE.,Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.

4. Ibu Dyah Retno Sawitri, ST., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Orang tua, kakak, adik serta seluruh teman-teman jurusan teknik kimia Universitas Islam Indonesia angkatan 2006. Kami ucapkan terimakasih atas dukungan dan doanya.
7. Semua pihak yang telah membantu penyusun hingga terselesaikannya laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kesalahan dan kekurangannya. Oleh sebab itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan yang akan datang.

Akhirnya penyusun berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalammualaikum. Wr.Wb.

Yogyakarta, 11 Maret 2011

Penyusun

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tita thank's too



Dan Kami telah menyingkirkan bebanmu, Beban yang memberatkan punggungmu dan kami angkat martabatmu. Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Bila selesai tugas, mulailah dengan sungguh- sungguh dan hanya kepada Allah SWT hendaknya engkau berharap. (Asy syarh, ayat 2-8)

Terdalam penulis berucap syukur sedalam-dalamnya pada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan iman dan bathin serta tak lupa shalawat dan salam kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW atas suri tauladannya sehingga penulis mempunyai kekuatan untuk menyelesaikan tanggung jawab ini dengan maksimal. Seiring doa dari ibunda dan ayahanda tercinta yang selalu menyertai tanpa henti walaupun tak terucap tapi terlihat jelas dalam pandangan dan itulah yang menjadi dorongan mental penulis untuk mempersembahkan hasil yang benar-benar dapat menjadi bukti jerih payah yang secara ikhlas telah tcurahkan dan diberikan oleh ibu dan bapak ku tersayang, terimakasih atas doa dan dukungannya. Terimakasih atas kepercayaanya..

*Untuk kakakku tersayang (mbak tisyah dan mas dodik) yang sudah baik
,sayang, makasih ya... buat calon ..penakanku... muach..muach*

Buat teman-teman BOTEK'06 makasih banyak atas segala ide-ide brilliantnya dan persahabatan yang sejati, septi (teman KP,TA, Penelitian...jangan bosan sama aku ya. Mohon maaf kalau selama perjalanan ini aku berbuat salah), kiki leni (terima kasih selalu kasih semangat), dan buat astrid, rere, mita, radius (terima kasih sudah mau direpotin terus), buat bayu (teman ujian, heheh terimakasih ya sukses buat kamu), dan buat semua teman-teman tekim 06 terima kasih banyak atas pertemanan dan bantuannya.

Buat teman-teman MB UII, kos kamboja 2 (mey), special pungky terima kasih atas bantuannya..

Buat my boy friend (hermawan setiyanto)...terimakasih atas dukungan dan semangatnya kesabarannya mendengar keluh kesah ku.

Thanks all

Tita ^_~



PERSEMBAHAN



“Allah tidak akan membebeni seseorang kecuali sepadan dengan kemampuannya. Bagi seseorang, pahala yang ia buat dan baginya pula dosa yang ia buat. Wahai Tuhan kami, janganlah kami disiksa karena kami lalai atau keliru. Ya Tuhan kami, jangan Engkau bebankan kepada kami beban berat, sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Dan janganlah pula Kau bebankan kepada kami sesuatu yang tidak mampu kami lakukan...” (QS Al Baqarah: 286)

Septi thanks too:

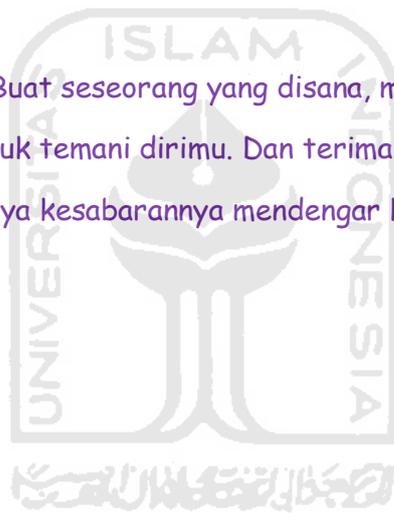
Allah SWT atas segala karunia dan hidayah-Nya. Karena hanya Dia lah Tuhan semesta alam. Dan Nabi Muhammad SAW atas junjungannya sehingga penulis mempunyai kekuatan dan kesanggupan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Ayah, Ibu, dan kakak, adek ku, yang telah memberi doa dan dukungan selama ini hingga bebanku kini berkurang.

Bapak Drs.,Faisal RM, MSIE.,Ph.D dan Ibu Dyah Retno Sawitri, ST terima kasih atas bimbingannya selama ini dan ilmu yang telah diberikan. Maaf jika selama bimbingan membuat bapak kesal,maaf sekali lagi.

Buat teman-teman BOTEK'06 makasih banyak atas segala ide-ide briliannya dan persahabatan yang sejati, tita (teman KP, Penelitian, TA...(hehhee... gak bosan kan sama aq) Mohon maaf kalau selama perjalanan ini aku berbuat salah), kiki leni (terima kasih selalu kasih semangat), dan buat risa, astrid, rere, mita, radius (terima kasih sudah mau direpotin terus), dan buat semua teman-teman tekim 06 terima kasih banyak atas pertemanan dan bantuannya

Buat seseorang yang disana, maaf ya slama ini aku tak ada waktu banyak untuk temani dirimu. Dan terimakasih atas dukungan dan semangatnya kesabarannya mendengar keluh kesah ku slama ini.



HALAMAN MOTTO

“Tiada doa yg lebih indah selain doa agar skripsi ini cepat selesai”

“Kuolah kata, kubaca makna, kuikat dalam alinea, kubingkai dalam bab sejumlah lima, jadilah mahakarya, gelar sarjana kuterima, orangtua, calon istri/suami dan calon mertua pun bahagia”

“Wisuda setelah 9 semester adalah kesuksesan yang tertunda”

“Lebih baik terlambat daripada tidak wisuda sama sekali”

“Saya datang, saya bimbingan, saya ujian, saya revisi dan saya menang!”

“Jika sesuatu yang kita pikir bisa dan mungkin itu adalah benar
Dan jika sesuatu yang kita pikir tidak bisa, tidak mungkin itu juga benar
Jaga pikiran positif, jangan takut bermimpi karena dengan bermimpi segala
sesuatu yang tidak mungkin menjadi mungkin”

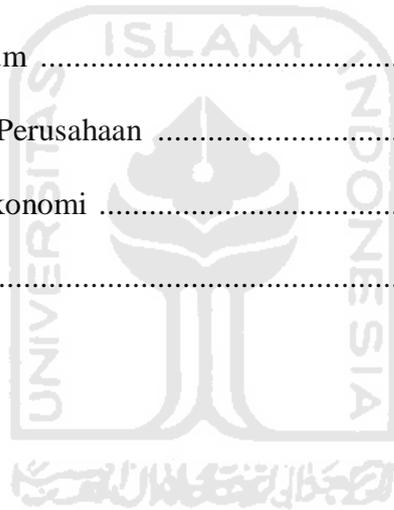
(Habib)

“Manusia itu bias hebat dan bias memenangkan peperangan hidup di dunia karena punya motivasi yang luaarrrrr biasa...jadi tidak ada istilah malas, gak bias, dan gak mungkin.”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
MOTTO.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Tinjauan Pustaka	7
BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Spesifikasi Produk	12
2.2 Spesifikasi Bahan	13
2.3 Pengendalian Kualitas	15
BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1 Uraian Proses	16
3.2 Metode Penentuan Perancangan.....	18

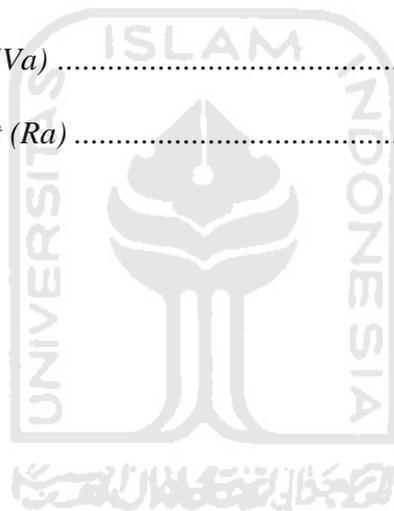
3.3	Perencanaan Produksi	40
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		
4.1	Lokasi Pabrik	43
4.2	Tata Letak Pabrik	46
4.3	Tata Letak Alat Proses	53
4.4	Alir Proses dan Material	57
4.5	Perawatan	62
4.6	Pelayanan Teknik (Utilitas)	63
4.7	Laboratorium	101
4.8	Organisasi Perusahaan	107
4.9	Evaluasi Ekonomi	137
BAB V	KESIMPULAN	155
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

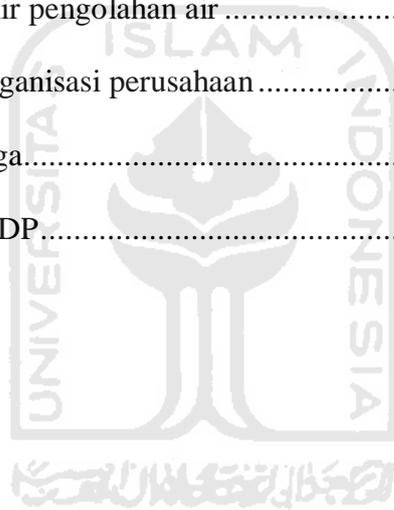
Tabel 1.1 Perkembangan Impor <i>Ethanol</i>	2
Tabel 3.1 Neraca massa total.....	19
Tabel 3.2 Neraca massa di reaktor (R-01)	20
Tabel 3.3 Neraca massa di separator drum (SD-01).....	20
Tabel 3.4 Neraca massa di menara distilasi (MD-01)	21
Tabel 3.5 Neraca panas di reaktor (R-01)	22
Tabel 3.6 Neraca panas di menara distilasi (MD-01)	22
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik <i>Ethanol</i>	52
Tabel 4.2 Kebutuhan air untuk pendingin (kg/jam).....	70
Tabel 4.3 Kebutuhan <i>steam</i>	71
Tabel 4.4 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga	71
Tabel 4.5 Jadwal kerja shift tiap regu	123
Tabel 4.6 Jabatan dan keahlian.....	124
Tabel 4.7 Perincian jumlah karyawan alat proses	126
Tabel 4.8 Jumlah karyawan.....	127
Tabel 4.9 Penggolongan gaji menurut jabatan	130
Tabel 4.10 Harga indeks	139
Tabel 4.11 Harga indeks pada tahun perancangan	140
Tabel 4.12 <i>Physical Plant Cost</i>	149
Tabel 4.13 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	149
Tabel 4.14 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	150

Tabel 4.15 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	150
Tabel 4.16 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	151
Tabel 4.17 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	151
Tabel 4.18 <i>Total Manufacturing Cost (MC)</i>	151
Tabel 4.19 <i>Working Capital (WC)</i>	152
Tabel 4.20 <i>General Expense (GE)</i>	152
Tabel 4.21 Total biaya produksi.....	153
Tabel 4.22 <i>Fixed cost (Fa)</i>	153
Tabel 4.23 <i>Variable cost (Va)</i>	153
Tabel 4.24 <i>Regulated cost (Ra)</i>	154



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Perkiraan Kebutuhan Import <i>Ethanol</i>	3
Gambar 4.1.	Tata letak pabrik <i>Ethanol</i>	51
Gambar 4.2.	Tata letak alat proses pabrik <i>Ethanol</i>	56
Gambar 4.3	Diagram alir kualitatif pabrik <i>Ethanol</i>	60
Gambar 4.4	Diagram alir kuantitatif pabrik <i>Ethanol</i>	61
Gambar 4.5.	Diagram alir pengolahan air	106
Gambar 4.6.	Struktur organisasi perusahaan	112
Gambar 4.7.	Indeks harga.....	141
Gambar 4.8.	BEP dan SDP.....	157



ABSTRAKSI

Pabrik ethanol dari ethylene dan air dirancang berkapasitas 50.000 ton/tahun dan menghasilkan produk dengan kemurnian ethanol berkisar 98 %. Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Bahan baku pabrik ini adalah ethylene dengan kebutuhan 6,76 ton/tahun dan air dengan kebutuhan 2,54 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri di daerah Cilegon, Banten dengan luas tanah diperlukan sekitar 5 hektar dan mempekerjakan 135 orang karyawan.

Proses pembuatan ethanol ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu tahap persiapan bahan baku yaitu mempersiapkan ethylene dan air menjadi gas umpan reactor bersuhu 571,89 K dengan tekanan 1 atm. Tahap berikutnya adalah reaksi kimia di reactor menggunakan katalisator asam phospat dengan suhu umpan 571,89 K dan tekanan 1 atm, reaksi yang terjadi adalah eksotermik sehingga dapat mempertahankan media operasi, media pendingin yang digunakan adalah Downterm A sebanyak 112.526,53 kg/jam pada suhu 77°C konversi total reactor sebesar 95 % terhadap umpan ethylene. Tahap ketiga dari proses pembuatan ethanol ini adalah pemurnian produk ethanol keluar reaktor sehingga diperoleh kadar produk akhir minimum 98 %.

Kebutuhan air untuk pabrik ini sebanyak 2.488.102,5874 kg/j, kebutuhan bahan bakar yang berupa residual fuel oil sebanyak 291,4723 lt/jam. Dan kebutuhan listrik sebesar 682 kWh. Pabrik didirikan dengan fixed capital investment sebesar Rp 2.627.165.580,21 Working capital diperlukan sebesar Rp 225.439.133.472,68 Pabrik digolongkan beresiko rendah, dari evaluasi ekonomi diperoleh keuntungan setelah pajak per tahun sebesar Rp 25.989.121.308,27, Rate of Return on Investment (ROI) sebesar 39,85 % , Pay out Time (POT) sebesar 1.11 tahun, Break Event Point (BEP) sebesar 42,04 % kapasitas, Shut Down Point (SDP) sebesar 33,31 % kapasitas, dan Discounted Cash Flow (DCF) sebesar 11,98 %. Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa pabrik ethanol dari ethylene dan air dengan kapasitas 50.000 ton/tahun cukup menarik untuk dikaji lebih lanjut.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG PENDIRIAN PABRIK

Pada dasa warsa terakhir negara Indonesia sedang meningkatkan pembangunan di segala bidang khususnya bidang industri kimia. Ethyl alcohol atau sering disebut ethanol merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting bagi industri kimia di Indonesia.

Ethanol atau etil alkohol dengan rumus molekul C_2H_5OH banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri asam asetat dan juga digunakan sebagai bahan pelarut dalam industri farmasi dan kosmetika. Selain itu juga berguna sebagai bahan disinfektan untuk peralatan kedokteran dan rumah sakit. Oleh karena kegunaan yang luas tersebut maka berdirinya pabrik ethanol akan memacu berdirinya industri-industri lain.

Konsumsi ethanol di Indonesia sendiri ada kecenderungan meningkat. Sebagai gambaran bahwa konsumsi ethanol meningkat, terlihat dari supply-nya yang berasal dari produksi dalam negeri ditambah dengan impor dan dikurangi oleh ekspor. Atas dasar bahwa pada tahun tertentu seluruhnya dikonsumsi pada tahun itu juga, maka diperkirakan laju pertumbuhan konsumsi ethanol di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya.

Kebutuhan ethanol di dalam negeri cukup besar sehingga untuk mencukupinya masih harus mengimpor dari luar negeri (dari Amerika Serikat dan negara-negara Eropa). Adanya pabrik ethanol ini diharapkan akan

memenuhi kebutuhan dalam negeri. Selain itu akan membuka kesempatan bagi Indonesia menjadi negara pengekspor ethanol ke luar negeri. Selain itu akan merangsang tumbuhnya industri-industri yang memproduksi ethanol menjadi bahan lain sehingga perekonomian negara meningkat.

Di samping itu dengan didirikan pabrik ini akan membuat kesempatan terciptanya lapangan kerja baru, dan juga dengan adanya pabrik ethanol ini akan mendorong berdirinya pabrik-pabrik lain yang menggunakan ethanol sebagai bahan baku utama di dalam prosesnya. Pendirian pabrik ini didukung dengan adanya pabrik ethylene di Indonesia yang berada di Cilegon, Banten sebagai salah satu bahan baku utamanya.

1.1.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

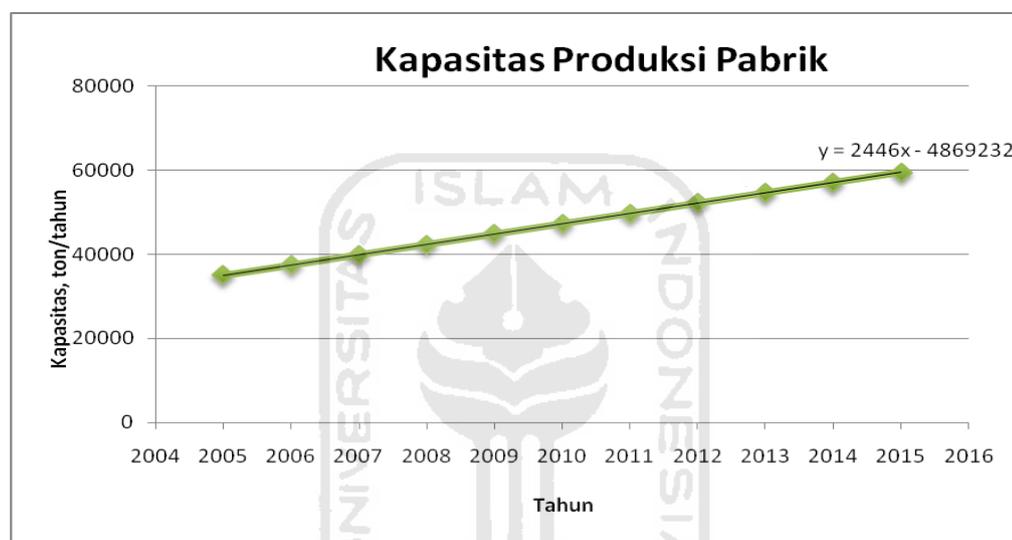
Kebutuhan ethanol dalam negeri dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri yang menggunakannya. Dari data (Badan Pusat Statistik) : Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1. Perkembangan konsumsi ethanol di Indonesia

Tahun	Kapasitas, ton/tahun
2005	34998
2006	37444
2007	39890
2008	42336
2009	44782
2010	47228
2011	49674

2012	52120
2013	54566
2014	57012
2015	59458

Sumber: BPS, 2010



Gambar 1.1 Grafik hubungan kebutuhan ethanol dari ethylene dan air tiap tahunnya di indonesia

Dari data BPS diatas, kenaikan ethanol mencapai kenaikan setiap tahunnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode pendekatan linier untuk tahun 2015 dengan menggunakan rumus :

$$y = ax - b \qquad 59458 = 2446(2015) - b$$

$$34998 = a(2005) - b \qquad 59458 = 4928690 - b$$

$$\underline{59458 = a(2015) - b} \quad (-)$$

$$b = 4869232$$

$$-24460 = -10a$$

$$a = 2446$$

$$y = 2446x - 4869232$$

Kapasitas produksi ethanol mencapai 59.458,00 ton/tahun, sehingga ditentukan kapasitas pabrik ethanol 50.000 ton/tahun untuk tahun 2015. Karena di Indonesia sudah ada beberapa pabrik yang menghasilkan ethanol namun dengan demikian kebutuhan ethanol di Indonesia masih belum tercukupi.

Oleh sebab itu tujuan dari perancangan pabrik adalah untuk memenuhi kebutuhan ethanol dalam negeri maupun ekspor dengan menggunakan proses reaksi ethylene dan air.

1.1.2 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Rencana pabrik akan didirikan di Cilegon, Banten. Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik pada umumnya sebagai berikut :

1.1.2.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

1. Penyediaan bahan baku

Penyediaan bahan baku relatif mudah karena bahan baku ethylene tidak perlu mengimpor, melainkan dapat diperoleh dari PT. Chandra Asri, Cilegon dan air diperoleh dari sungai Cikande.

2. Pemasaran

Produk pabrik ini merupakan bahan baku untuk pembuatan infus, karet sintetis, metil selulosa dan industri pertanian. Pemasarannya diharapkan untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri dan ekspor. Daerah pemasaran ethanol tersebar diseluruh Indonesia. Untuk memasarkan ethanol tidak mengaloi kesulitan, karena sarana transportasi yang sudah cukup lengkap.

3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik, karena Cilegon, Banten merupakan salah satu kawasan industri maka kebutuhan tersebut diharapkan dapat dipenuhi dengan mudah.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan didirikannya pabrik di Cilegon, Banten akan dapat menyerap tenaga kerja potensial yang cukup banyak terdapat di sekitar lokasi tersebut.

5. Transportasi

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk, terdapat transportasi yang lancar baik darat dan laut.

1.1.2.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi :

1. Perluasan Area Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri Cilegon, Banten yang relatif tidak padat penduduknya sehingga masih memungkinkan perluasan area pabrik.

2. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih di daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- d. Transportasi yang baik dan efisien.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan,

bank, dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

1.2 TINJAUAN PUSTAKA

1.2.1 Macam-macam Proses

Proses pembuatan ethanol ada beberapa metode yaitu:

1. Fermentasi

Bahan baku yang digunakan digolongkan menjadi 3 tipe yaitu gula: dari *sugar cane*, umbi (*sugar beets*), molasse, dan buah-buahan yang dapat diubah menjadi ethanol secara langsung. Pati: dari padi-padian atau kentang dimana harus dihidrolisa terlebih dahulu untuk memfermentasikan gula dengan enzim dari hasil molds. Bahan selulosa: dari kayu dan sisa pertanian dimana harus diubah menjadi gula dengan asam-asam mineral atau enzim khusus.

Selulosa yang diperlukan untuk pembelahan enzimatik dari selulosa diusahakan dari *Trichoderma reesei*. Dalam limbah cairan sulfite dari pabrik pulp, gula berasal dari hidrolisa selulosa dan hemiselulosa selama proses pembuatan kertas. Setelah gula paling sederhana terbentuk, enzim dari yeast dapat memfermentasikan menjadi ethanol.

Enzim untuk fermentasi ethanol mengikuti reaksi $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CO_2 + 2 C_2H_5OH$ diproduksi dari yeast. Langkah fermentasi ditunjukkan oleh EMP. Monoksida (hexoses) juga untuk

fermentasi. Hexoses dari molasses digunakan untuk membuat ethanol, tetapi lebih ekonomis untuk memproduksi gula dari tebu dan memfermentasikan hanya bagian yang tersisa sebagai cairan encer secara rafinasi.

Molasses mengandung 50 – 55 % gula. Terjadi persaingan untuk molasses sebagai bahan baku untuk fermentasi ethanol dan sebagai umpan untuk persediaan hidup, sehingga harganya bervariasi, tergantung dari ketersediaan bahan baku lain dan ini berpengaruh pada jumlah yang akan difermentasikan menjadi ethanol.

Bahan selulosa seperti limbah tongkol jagung, kulit kapas, kulit kacang, dan bubuk gergaji dapat digunakan sebagai bahan baku ethanol. Tetapi lebih ekonomis untuk membakarnya daripada mengolahnya untuk menjadi ethanol.

(www.google.com)

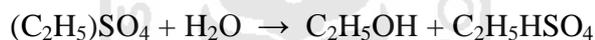
2. Hidrasi Tidak Langsung

Reaksi proses pembuatan ethanol dengan hidrasi tidak langsung adalah sebagai berikut:

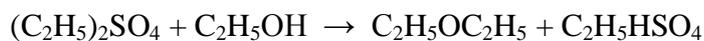


Etilen diabsorpsi dalam H_2SO_4 dengan kadar 95 – 98 % dalam kolom absorber. Sekitar 1,4 mol etilen per mol H_2SO_4 diserap

dalam reaksi ini. Karena reaksi eksotermis, diperlukan pendingin pada menara absorber. Konsentrasi etilen umpan kira-kira 35 %, tetapi harus tidak mengandung apa-apa kecuali inert seperti metana, etana, propana dan selebihnya tidak boleh ada karena akan membentuk resin. Absorpsi etilen tergantung dari tekanan, sehingga tekanan reaksi antara 10 – 35 bar dipilih tergantung dari konsentrasi etilen umpan. Suhu reaksi berkisar antara 68 – 85 °C. Suhu tinggi akan membentuk resin. Gas yang melewati menara absorber kemudian masuk ke scrubber yang mengandung kaustik. Hidrolisa dari etil sulfat dapat dilihat pada reaksi berikut:



Biasanya terjadi dalam dua langkah. Yang pertama terjadi pada suhu 70 °C dan yang kedua pada suhu 100 °C. Banyak air yang ditambahkan sehingga konsentrasi H_2SO_4 menjadi 40 – 55 %. Langkah ini dilakukan untuk mengurangi reaksi samping.



Ethanol yang terbentuk dipisahkan bersama eter dari kolom stripper, kemudian dicuci dengan kaustik soda sehingga bebas asam, kemudian dipisahkan dari eter dan dipekatkan dengan dua kolom distilasi.

Pemekatan kembali cairan H_2SO_4 adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan

karena adanya sifat korosif yang tinggi. Silumin, tantalum, dan timah hitam digunakan dalam proses ini. Alat absorpsi dan distilasi ethanol dibuat dari baja ringan. Timah hitam dan batu bata yang tahan terhadap asam digunakan dalam seksi hidrolisa.

(www.google.com)

3. Hidrasi Langsung Dengan Katalis

Reaksi hidrasi langsung dengan katalis ini berada dalam fase gas:



Seperti reaksi eksotermis lainnya, katalis diperlukan untuk menyesuaikan kecepatan reaksi pada suhu rendah. Karena mekanisme reaksi melewati ion karbonium, katalis yang cocok untuk reaksi ini adalah donor proton. Yang banyak digunakan adalah H_3PO_4 dengan pembawa seperti tanah diatomae, bentonite, alumina gel, dan opoka.

Ethylene dan air bebas garam dengan rasio mol 1 : 0.6 dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi 298.89 °C dengan tekanan 1 atm. Karena reaksi eksotermis, gas keluar dari reaktor sekitar 301.22 °C lebih panas. Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 95 %. dengan menggunakan katalis asam phospat yang berdiameter 4.50 mm, kemudian dipisahkan dalam separator dimana fase uap akan di *recycle* ke reaktor dan fase cair

diumpangkan ke menara distilasi untuk dipisahkan dan dimurnikan dan akhirnya dihasilkan ethanol dengan kemurnian 98 % sebagai produk utama dan air sebagai produk samping.

(kirk ortmer)

Dari perbandingan ketiga proses di atas maka pembuatan ethanol direncanakan dengan menggunakan proses reaksi antara ethanol dan air dengan hidrasi langsung dengan katalis (proses 3) dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Suhu dan tekanan operasi yang digunakan lebih rendah sehingga energi yang dibutuhkan lebih rendah.
- b. Dengan menggunakan katalisator asam phospat dapat diperoleh konversi dan tingkat kecepatan reaksi yang lebih tinggi. Dan untuk diproses hidrolisis tidak langsung Pemekatan kembali cairan H_2SO_4 adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan karena adanya sifat korosif yang tinggi.
- c. Tingkat kemurnian produk ethanol yang didapatkan lebih tinggi.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan ethanol dirancang berdasarkan variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Produk (ethanol)

Rumus molekul	: C_2H_5OH
Warna	: jernih
Berat molekul	: 46.049
Titik didih normal	: $78.4^{\circ}C$
Titik beku	: $- 114,1^{\circ}C$
Densitas	: $568,65 \text{ kg/m}^3$
Viskositas	: 0,161 cP
Flash point	: $14^{\circ}C$
Kemurnian	: 98 % ethanol, 0,2 % impurities (H_2O).

(Sumber : wikipedia)

2.2 Spesifikasi Bahan

2.2.1 Bahan Baku

1. Ethylene

Rumus molekul : C_2H_4

Bentuk	: gas berwarna
Berat molekul	: 28.054
Titik didih	: -103,7 °C
Titik lebur	: -169,2 °C
Viskositas	: 0,161 cP
Kemurnian	: 97 %
Impurities (3 %)	:



Bentuk	: gas
Berat molekul	: 26,038
Titik didih	: -84°C
Titik lebur	: - 80,8°C
Kemurnian	: 0,5%



Bentuk	: gas
Berat molekul	: 16,043
Titik didih	: - 161,6°C
Titik lebur	: - 187,5°C
Kemurnian	: 1 %



Bentuk	: gas
Berat molekul	: 30,07
Titik didih	: - 89°C

Titik lebur : - 181,76

Kemurnian : 1,5%

(Sumber : Coulson and Richardson, volume 6, 2001)

2. Uap air (steam)

Bentuk : gas

Warna : jernih

Titik didih : 100 °C

Berat molekul : 18.015

(sumber: Wikipedia)

2.2.2 Bahan Pembantu

Bahan pembantu berupa katalis pada reaktor fixed bed. Katalis yang digunakan adalah asam pospat.

Rumus molekul : H_3PO_4

Bentuk : Padatan silinder

Titik didih : 158 °C

Porositas : 0,384 void fraction.

Diameter ekuivalen : 4.50 mm

(sumber : Wikipedia)

2.3 Pengendalian Kualitas

Kualitas merupakan salah satu daya tarik konsumen terhadap suatu produksi. Oleh sebab itu mempertahankan mutu barang merupakan salah satu hal yang terpenting yang memerlukan perhatian khusus dari perusahaan.

Untuk mempertahankan dan menjaga mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan:

1. Menjaga kualitas produk dari segi:
 - a. Kadar produk minimum 98 % sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan pasar
 - b. Performance fisik yang meliputi : bau, warna, packing, dan lain-lain
 - c. Menjaga kebersihan produk baik saat proses maupun pasca proses
2. Melakukan pengendalian mutu sesuai standar ISO 9001 maupun ISO 14001 baik pada prosesnya maupun dampak lingkungan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Uji laboratorium produk setiap hari (intern pabrik)
 - b. Uji produk secara berkala sesuai peraturan standar mutu yang berlaku
 - c. Survei kepada konsumen
3. Memastikan semua peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga dapat diperoleh produk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik ethanol perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Secara garis besar proses pembuatan ethanol dapat dibagi menjadi 3 tahap proses, yaitu:

1. Persiapan Bahan baku
2. Proses Reaksi dalam Reaktor
3. Pemisahan dan Pemurnian Produk

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan ethanol dengan fase gas adalah ethylene dan air ethylene dengan diumpankan dari tangki penyimpan 01 yang bekerja pada suhu 306 K, tekanan 17.27 atm. Untuk menjaga suhu di tangki maka setelah tangki digunakan kondensor. Kemudian umpan dialirkan ke ekspansive valve untuk menurunkan tekanan menjadi 1 atm. Dicari suhu campuran antara steam dengan suhu 150 °C tekanan 1 atm dan recycle dari separator-01 bagian atas dengan suhu 70°C 1 tekanan 1 atm. Di dapatkan suhu campuran 72.96 °C

tekanan 1 atm. Kemudian umpan dialirkan ke heater-01 sebelum masuk ke reaktor untuk menaikkan suhu.

2. Reaksi dalam Reaktor

Gas campuran ethylene dengan steam bersama dengan gas *recycle* dari separator 01 (SP-01) diumpankan melalui bagian atas reaktor *fixed bed multitube* di mana reaksi akan terjadi dengan bantuan katalisator asam phospat setelah sebelumnya umpan gas dipanaskan dengan menggunakan heater hingga panas mencapai 571,89 K.

Reaktor bekerja pada tekanan umpan 1 atm dan suhu umpan 613 - 623 K. Reaktor bekerja secara non-isotermal dan non-adiabatis. Dalam reaktor terjadi reaksi antara ethylene dan steam membentuk ethanol dengan konversi total 95% terhadap ethylene . Reaksi berjalan eksotermis sehingga perlu pendinginan untuk menjaga suhu reaksi agar tidak melampaui batas batas yang sudah ditentukan , pendingin yang digunakan adalah *Dowtherm A* cair.

3. Pemisahan dan Pemurnian Produk

Gas keluar reaktor yang masih bersuhu tinggi kemudian didinginkan dan dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan umpan reaktor. Hasil keluar reaktor kemudian di embunkan sebagian di kondensor 02 (CD-02) yang bekerja pada suhu 343 K tekanan 1 atm. Hasil keluar kondensor yang berupa campuran uap-cair selanjutnya diumpankan ke separator 01 (SP-01) untuk memisahkan gas dan cairan. Hasil atas SP-01 selanjutnya diumpankan kembali ke reaktor,

sedangkan hasil bawah SP-01 yang berupa cairan selanjutnya diumpankan ke menara distilasi 01 (MD-01) untuk dimurnikan. Hasil bawah menara distilasi 01 yang berupa ethanol dengan kemurnian 98 % dengan suhu 379 K kemudian diumpankan dalam tangki penyimpanan produk (TP-02). Sedangkan hasil atas menara distilasi 01 yang berupa air, ethylene dan sedikit ethanol kemudian dibuang ke unit pengolahan limbah.

3.2 Metode Penentuan Perancangan

Pengaturan perencanaan pendirian pabrik ethanol dari bahan baku ethylene dan air dengan kapasitas 50.000 ton/tahun meliputi : neraca massa, neraca panas dan spesifikasi alat.

3.2.1 Penentuan Neraca Massa

Pengaturan neraca massa pendirian pabrik ethanol dari bahan baku ethylene dan air dengan kapasitas 50.000 ton/tahun meliputi :

1. Neraca massa total
2. Neraca massa reaktor
3. Neraca massa separator 01
4. Neraca massa menara distilasi 01

Basis Perhitungan Neraca Massa :

Kapasitas Produk : 50.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari kerja

Basis Perhitungan : 1 jam

$$= \left[\frac{50.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \right] \times \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right] \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right]$$

$$= 6313,1313 \text{ kg/jam}$$

1. Neraca Massa Total

Tabel 3.1 Neraca massa total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Produk	Limbah
CH ₄	39,43	-	39,43
C ₂ H ₄	6.688,34	-	2.875,54
C ₂ H ₆	110,86	-	110,86
C ₂ H ₂	32,00	0,32	31,68
C ₂ H ₅ OH	-	6.198,59	62,61
H ₂ O	2.576,97	115,70	12,86
Total	9.447,59	6.314,61	3.132,97
		9.447,59	

2. Reaktor *Fixed Bed* 01 (R-01)

Tabel 3.2 Neraca massa reaktor 01

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
CH ₄	519,09	519,09
C ₂ H ₄	10.106,48	6.293,68
C ₂ H ₆	193,46	193,46
C ₂ H ₂	63,09	63,09
C ₂ H ₅ OH	33,93	6.295,14
H ₂ O	2.577,27	128,86
Total	13.493,32	13.493,32

3. Separator 01 (SP-01)

Tabel 3.3 Neraca massa separator 01

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Bawah	Atas
CH ₄	519,09	39,43	479,66
C ₂ H ₄	6.293,68	2.875,54	3.418,14
C ₂ H ₆	193,46	110,86	82,60
C ₂ H ₂	63,09	32,00	31,09
C ₂ H ₅ OH	6.295,14	6.261,20	33,94
H ₂ O	128,86	128,56	0,30
Total	13.493,32	13.493,32	

4. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.4 Neraca massa menara distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Atas	Bawah
CH ₄	39,43	39,43	-
C ₂ H ₄	2.875,54	2.875,54	-
C ₂ H ₆	110,86	110,86	-
C ₂ H ₂	32,00	31,68	0,32
H ₂ O	6.261,20	62,61	6.198,59
C ₂ H ₅ OH	128,56	12,86	115,70
Total	9.447,59	9.447,59	

3.2.2 Neraca Panas

Basis : 1 jam

Suhu referensi : 25°C (298 K)

Variabel yang berpengaruh dalam neraca panas antara lain:

1. Neraca Panas di Reaktor (R-01)
2. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01)

1. Neraca Panas Reaktor 01

Tabel 3.5 Neraca panas Reaktor

Panas Masuk (k.kal/jam)		Panas Keluar (k.kal/jam)	
Panas masuk	1.760.869,74	Panas keluar	1.832.163,65
Panas reaksi	14.285,14	Panas yang dibuang	-57.008,77
Total	1.775.154,88		1.775.154,88

2. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.6 Neraca panas MD-01

No	Arus	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
1	Umpan Masuk	2.278.187,69	-
2	Hasil atas	-	5.474.857,09
3	Hasil Bawah	-	1.271.254,08
4	Kondensor	-	14.584.638,44
5	Reboiler	19.052.561,93	-
Jumlah		21.330.749,63	21.330.749,63

3.2.3 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan Ethylene (TP-01).

Fungsi : Menyimpan bahan baku Ethylene dalam fase cair untuk kebutuhan 6 hari sebanyak 164.895,02 kg/hari.

Kondisi penyimpanan :

Temperatur	: 306,15 K
Tekanan	: 17,27 atm
Kondisi	: Fase cair
Tipe	: Tangki silinder horizontal
Kapasitas tangki	: 2.624,60 m ³
Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 8,84 m
Panjang	: 17,68 m
Tebal <i>head</i>	: 1,77 in
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Harga	: \$ 3.385,54

2. Tangki Ethanol (T-02)

Fungsi	: Menyimpan produk ethanol selama 6 hari sebanyak 15.1550,64 kg/hari
Tipe	: Tangki silinder tegak dengan <i>conical roof, flat bottom</i>

Kondisi penyimpanan :

Temperatur	: 305 K
Tekanan	: 1 atm
Kondisi	: Fase cair
Kapasitas tangki	: 3.552,4544 m ³

Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 21,34 m
Panjang	: 10,97 m
Tebal <i>head</i>	: 1 in
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Harga	: \$ 50.742,4811

3. Reaktor-01 (RK-01)

Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi uap air dan ethylene menjadi ethanol sebanyak 13.493,32 kg/jam. Dengan bantuan katalis asam phospat (H_3PO_4).
Tipe	: <i>Fixed Bed Multitube</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi	: Non-adiabatis non-isotermal
Tekanan	: 1atm
Suhu masuk	: 571,89 K
Suhu keluar	: 574,22 K
Fase	: Gas dengan katalis padat
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah <i>tube</i>	: 1.035 buah
Diameter dalam <i>tube</i>	: 0,0351 m
Diameter luar <i>tube</i>	: 0,0422 m

Tinggi reaktor : 8,88 m
 Tebal *shell* : 0,1875 in
 Tebal *head* : 0,1875 in
 Katalis :
 Bentuk : Silinder
 Densitas katalis : 1,574 g/cm³
 Diameter : 0,45 cm
 Harga : \$ 694.630,9225

4. Separator - 01 (SP-01)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari Condensor-01 pada suhu 313 K sebanyak 4.045,73 kg/jam uap dan 9.447,59 kg/jam cair.

Tipe : Tangki silinder horizontal

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator :

 Diameter : 0,57 m
 Panjang : 2,20 m
 Tebal *Shell* standar : 0,19 in
 Bahan konstruksi : *Stainless steel, SA 167 grade 11*

Harga : \$ 104,9671

5. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan dan memurnikan produk ethanol pada suhu 343 K dan tekanan 1 atm sebanyak 9.447,59 kg/jam

Tipe : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

Puncak menara : Suhu = 303,82 K

Tekanan = 1 atm

Dasar menara : Suhu = 351,88 K

Tekanan = 1 atm

Umpan menara : Suhu = 343 K

Tekanan = 1 atm

Jumlah plate : 53 plate

Lokasi umpan masuk : Stage ke - 35 dari puncak menara

Tray spacing : 0,3 m

Diameter atas : 0,5 m

Diameter bawah : 1,6 m

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Tebal *shell* standar : 3/16 in

Tebal *head* standar : 3/16 in

Tinggi kolom : 16,2 m

Harga : \$ 28.326,32

6. Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor dari 345,96 K menjadi 571,89 K sebelum masuk ke reaktor sebanyak 13.493,32 kg/jam, dengan media pemanas menggunakan steam.

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Luas transfer panas : 266,71 ft²

Dirt Factor (Rd) : 0,0032 jam ft² °F/Btu

Shell Side :

Cold fluid : light organik

ID : 37 in

Pass : 1 pass

Tube Side :

Hot fluid : steam

ID : 0,594 in

OD : 1 in

BWG : 16

Panjang : 21,27 ft

Jumlah pipa : 664 pipa

Pass : 2 pass

Pitch : 1,25 in triangular pitch

Jumlah : 1 buah
 Harga : \$ 2.805,41

7. Condensor (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan ethylene dari tangki bahan baku dengan *cooling water* bersuhu 288 – 306 K.

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Tekanan : 1 atm

Luas transfer panas : 4.934,82 ft²

UD : 120 Btu/jam.ft².°F

Uc : 139.06 Btu/jam.ft².°F

Dirt Factor (Rd) : 0.0011 jam ft² °F/Btu

Shell Side :

Cold fluid : *Water*

ID : 29 in

Pass : 1 pass

Tube Side :

Hot fluid : Light Organik

OD : 0,75 in

BWG : 10

Panjang : 36,34 ft

Jumlah pipa	: 692 pipa
Pass	: 2 pass
<i>Pitch</i>	: 15/16 in triangular pitch
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 75.215,62

8. Condensor (CD-02)

Fungsi	: Mengembunkan sebagian uap keluar reaktor dengan media <i>cooling water</i> bersuhu 303-323 K.
Tipe	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tekanan	: 1 atm
Luas transfer panas	: 583,61 ft ²
UD	: 120 Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Uc	: 139. 1Btu/jam.ft ² . ⁰ F
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0.0013 jam ft ² °F/Btu
<i>Shell Side</i>	:
<i>Cold fluid</i>	: <i>Water</i>
ID	: 31 in
Pass	: 1 pass
<i>Tube Side</i>	:
<i>Hot fluid</i>	: Light Organik

OD	: 0,75 in
BWG	: 10
Panjang	: 10,55 ft
Jumlah pipa	: 282 pipa
Pass	: 2 pass
<i>Pitch</i>	: 15/16 in triangular pitch
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 18.917,46

9. Condensor (CD-03)

Fungsi	: Mengembunkan uap produk atas menara distilasi (MD-01) dengan media air pendingin bersuhu 303,15 – 323,15 K.
Tipe	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tekanan	: 1 atm
Luas transfer panas	: 2.656,40 ft ²
UD	: 120 Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Uc	: 139.05 Btu/jam.ft ² . ⁰ F
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	: 0.0012 jam ft ² °F/Btu
<i>Shell Side</i>	:
<i>Cold fluid</i>	: water

ID	: 31 in
Pass	: 1 pass
<i>Tube Side</i>	:
<i>Hot fluid</i>	: uap keluar menara distilasi
OD	: 0,75 in
BWG	: 10
Panjang	: 16,48ft
Jumlah pipa	: 822 pipa
Pass	: 2 pass
<i>Pitch</i>	: 15/16 in triangular pitch
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 51.870,68

10. Reboiler (RB-01)

Fungsi	: Menguapkan sebagian hasil bawah MD-01 untuk dikembalikan ke menara distilasi (MD-01)
Tipe	: <i>Kettle Reboiler</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Luas transfer panas	: 1.604,61 ft ²
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	: 0,0035 jam ft ² °F/Btu
<i>Shell Side</i>	:
<i>Cold fluid</i>	: light organik

ID	: 33 in
<i>Tube Side</i>	:
<i>Hot fluid</i>	: Steam
OD	: 1 in
BWG	: 16
Panjang	: 1 ft
Jumlah <i>tube</i>	: 613 pipa
<i>Pitch</i>	: 1 1/4 in square pitch
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 9.322,34

11. Accumulator (ACC-01)

Fungsi	: Menampung sementara cairan hasil kondensasi CD-03 agar arus refluk dan destilat MD-01 stabil.
Tipe	: Tangki silinder horizontal
Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Diameter	: 0,73 m
Panjang	: 4,34 m
Volume	: 44,39 m ³
Suhu	: 303,82 K
Tekanan	: 1, atm
Waktu tinggal	: 5 menit

Tebal *Shell* standar : 3/16 in
 Tebal *Head* standar : 3/16 in
 Harga : \$ 4.408,13

12. Expansion Valve

Fungsi : Menurunkan tekanan gas ethylene keluar tangki penyimpanan bahan baku (TP-01) sebanyak 6.870,63 kg/jam dari 17,27 atm menjadi 1 atm.

Jenis : *Globe Valve*
 Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
 Suhu aliran : 33 °C
 Tekanan masuk : 17,27 atm
 Tekana keluar : 1 atm
 Diameter keluar :
 NPS : 1 in
 OD : 1,32 in
 ID : 1,049 in
 Jumlah : 1 buah
 Harga : \$ 138,17

13. Pompa (P-01)

Fungsi	: Untuk memompa ethanol dari condenser ke separator dengan tekanan 1 atm sebanyak 13.493,32 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal Pump Multi Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 310,64 gpm
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 1.750 rpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 1 1/4 in
Sch No	: 40
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Head pompa	: 347,22 meter
Power pompa	: 102,69 HP
Power motor	: 114,10 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 373,35

14. Pompa (P-02)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari separator ke menara distilasi dengan tekanan dari 1 atm sebanyak 9.447,59 kg/jam
--------	--

Jenis	: <i>Centrifugal PumpSingle Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 195,49 gpm
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 1.750 rpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 3 in
Sch No	: 40
OD	: 3.5 in
ID	: 3,07 in
Head pompa	: 21,69 meter
Power pompa	: 4,49 HP
Power motor	: 5,22 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 282,77

15. Pompa (P-03)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari Accumulator ke menara distilasi (MD-01) sebanyak 3.132,97 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal PumpMulti pump</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 79,46 gpm
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 1.750 rpm

Ukuran pipa :

NPS : 1 1/2 in

Sch No : 40

OD : 1,9 in

ID : 1,6 in

Head pompa : 36,17meter

Power pompa : 2,48 HP

Power motor : 2,99 HP

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 164,75

16. Pompa (P-04)

Fungsi : Untuk memompa cairan dari Accumulator ke UPL sebanyak 3.132,97 kg/jam

Tipe : *Centrifugal Pump Multi Stage*

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kapasitas : 79,08 gpm

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 1.750 rpm

Ukuran pipa :

NPS : 1 1/2 in

Sch No : 40

OD : 1,9 in

ID : 1,61 in

Head pompa	: 33,66 meter
Power pompa	: 2,31 HP
Power motor	: 2,78 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 164,29

17. Pompa (P-05)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari menara distilasi (MD-01) ke UPL sebanyak 3.132,97 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal Pump single Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 79,47 gpm
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 1750 rpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 2 in
Sch No	: 40
OD	: 2,38 in
ID	: 2,07 in
Head pompa	: 8,84 meter
Power pompa	: 0.61 HP
Power motor	: 0,76 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 164,75

18. Pompa (P-06)

Fungsi : Untuk memompa cairan dari menara distilasi (MD-01) ke Reboiler sebanyak 6.314,61 kg/jam

Tipe : *Centrifugal Pump Single Stage*

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kapasitas : 113,72 gpm

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 1750 rpm

Ukuran pipa :

NPS : 2 in

Sch No : 40

OD : 2,38 in

ID : 2,07 in

Head pompa : 12,12 meter

Power pompa : 1,68 HP

Power motor : 2,07 HP

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 204,30

19. Pompa (P-07)

Fungsi : Untuk memompa cairan dari tangki penyimpanan (TP-02) sebanyak 6.314,29 kg/jam

Tipe : *Centrifugal Pump Single Stage*

Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 108,62 gpm
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 1750 rpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 2 in
Sch No	: 40
OD	: 2,38 in
ID	: 2,07 in
Head pompa	: 11,44 meter
Power pompa	: 1,58 HP
Power motor	: 1,91 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 99,89

20. Cooler (CL-01)

Fungsi	: Menurunkan Suhu cairan keluar Menara Distilasi menuju tangki dari suhu 78.88 °C menjadi 32 °C.
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban Panas	: 840,84 kJ/jam
Luas transfer panas	: 300,58 ft ²
Panjang	: 13,49 ft
<i>Shell Side</i>	:
Fluida panas	: medium organik

Ukuran	:
ID	: 13 1/4 in
<i>Baffle space</i>	: 7 in
Pass	: 1
<i>Tube Side</i>	:
Fluida dingin	: air
Ukuran	:
Jumlah <i>tube</i>	: 114
OD	: 0,75 in
BWG	: 16
ID	: 13 1/4 in
Pass	: 2
<i>Dirt Factor min</i>	: 0,001 hr.ft ² .°F/Btu
<i>Dirt Factor available</i>	: 0,0012 hr.ft ² .°F/Btu
Bahan	: <i>Stainless Steel AISI 316</i>
Harga	: \$ 5.846,76

3.3 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedang faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran lain.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain

a. Material (bahan baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

b. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilan meningkat.

c. Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

Perencanaan target produksi:

1. Tahun pertama ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 80% kapasitas produksi total.
2. Tahun kedua ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 100% kapasitas produksi total sampai tahun kedelapan.
3. Tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh produksi agak menurun karena peralatan sudah agak tua maka pada tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh sudah direncanakan untuk mendirikan pabrik baru sebagai pengembangan, tetapi hal-hal tersebut sangat tergantung kepada perkembangan perekonomian dan pasar.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Untuk itu pemilihan lokasi yang tepat sangat diperlukan sejak tahap perancangan dengan memperhatikan berbagai macam pertimbangan. Pertimbangan utama yaitu lokasi yang dipilih harus memberikan biaya produksi dan distribusi yang minimum, dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk pengembangan pabrik dan kondisi yang aman untuk operasi pabrik (Peters and Timmerhaus, 2003).

Pabrik ethanol dari ethylene dan air dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Cilegon, Banten. Adapun pertimbangan-pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi.

Adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan Bahan Baku

Penyediaan bahan baku relatif mudah karena bahan baku ethylene tidak perlu mengimpor, melainkan dapat diperoleh dari PT.Chandra Asri, Cilegon dan air diperoleh dari sungai cikande.

2. Pemasaran

Produk pabrik ini merupakan bahan baku untuk pembuatan infus, karet sintetis, metil selulosa dan industri pertanian. Pemasarannya diharapkan untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri dan ekspor. Daerah pemasaran ethanol tersebar diseluruh Indonesia. Untuk memasarkan ethanol tidak mengalami kesulitan, karena sarana transportasi yang sudah cukup lengkap.

3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan murah karena area kawasan ini memiliki sumber aliran sungai. Sarana yang lain seperti bahan bakar dan listrik dapat diperoleh dengan cukup mudah. Energi merupakan faktor utama dalam operasional pabrik.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Untuk memenuhinya dapat

diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Selain itu faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

5. Transportasi

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk, terdapat transportasi yang lancar baik darat dan laut.

6. Letak Geografis

Letak pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam. Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi yang memilih masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang akan menentukan kelancaran perusahaan dalam menjalankan operasinya. Dari pertimbangan tersebut maka area tanah yang tersedia memenuhi persyaratan untuk pembangunan sebuah pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor-faktor sekunder adalah sebagai berikut :

1. Perluasan Areal Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri Cilegon, Banten yang relatif tidak padat penduduknya sehingga masih memungkinkan perluasan area pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- d. Transportasi yang baik dan efisien.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia. Selain itu fasilitas-fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak letak pabrik merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat karyawan bekerja, tempat peralatan dan tempat

penyimpanan bahan baku dan produk yang ditinjau dari segi hubungan antara satu dengan yang lainnya. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik efisien dan proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

Selain peralatan yang tercantum dalam flow sheet proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel dan lain sebagainya harus terletak pada bagian yang seefisien mungkin, terutama ditinjau dari segi lalu lintas barang, kontrol, keamanan, dan ekonomi. Selain itu yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik adalah penempatan alat-alat produksi sedemikian rupa sehingga dalam proses produksi dapat memberikan kenyamanan.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

1. Daerah Proses

Daerah proses adalah daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi. Dimana daerah proses ini diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain.

2. Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik dan penambahan bangunan dimasa mendatang harus sudah masuk dalam perhitungan awal. Sehingga sejumlah areal khusus sudah harus disiapkan sebagai perluasan pabrik bila suatu saat dimungkinkan pabrik menambah peralatannya untuk menambah kapasitas.

3. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap, atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan di dalam menentukan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengamanan seperti hidran, penampung air yang cukup, dan penahan ledakan. Tangki penyimpanan bahan baku dan produk yang berbahaya harus diletakkan di area khusus dan perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan lainnya guna memberikan pertolongan dan penyediaan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

4. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah menjadi faktor yang membatasi kemampuan penyediaan areal, sehingga bila harga tanah sedemikian tinggi maka kadang-kadang diperlukan efisiensi yang tinggi terhadap pemakaian ruang.

5. Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

6. Penempatan Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, steam, dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses di tata sedemikian rupa sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkaunya dan dapat terjalin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

7. Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka diantara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

1) Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung.

Areal ini terdiri dari :

- a) Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
- b) Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
- c) Fasilitas-fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, koperasi, kantin, *sport centre* dan masjid.

2) Daerah proses dan perluasan.

Merupakan lokasi alat-alat proses diletakkan untuk kegiatan produksi dan perluasannya.

3) Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi.

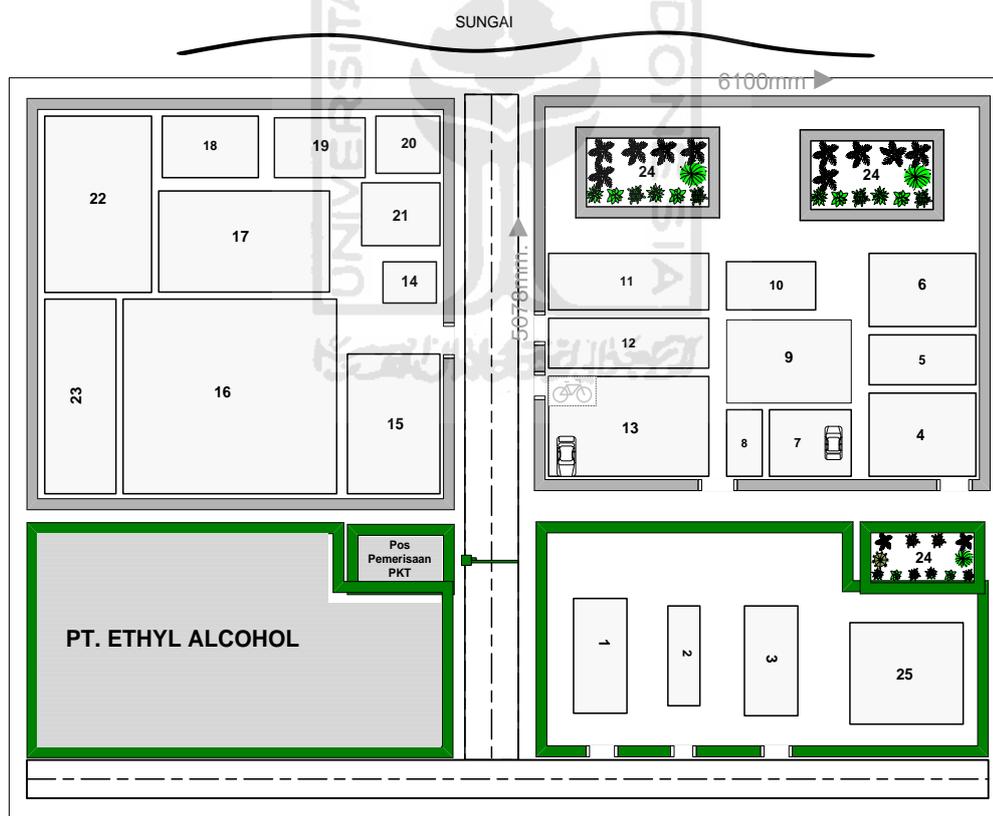
4) Daerah utilitas dan pemadam kebakaran

Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

Dalam uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa tujuan dari pembuatan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

- a) Mengadakan integrasi terhadap semua faktor yang mempengaruhi produk.
- b) Mengalirkan kerja dalam pabrik sesuai dengan jalannya diagram alir proses.
- c) Mengerjakan perpindahan bahan sesedikit mungkin.
- d) Menggunakan seluruh areal secara efektif.
- e) Menjamin keselamatan dan kenyamanan karyawan.
- f) Mengadakan pengaturan alat-alat produksi yang fleksibel.

Gambar peta situasi pabrik dapat dilihat dalam gambar tata letak pabrik (*plant lay out*) ethanol dari ethylene dan air dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun.



(Skala 1 : 100)

Gambar 4.1. Tata Letak Pabrik Ethanol

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1. Mess karyawan | 13. Parkir karyawan dan tamu |
| 2. Mess tamu | 14. Pos |
| 3. Mess direktur | 15. Kantor produksi |
| 4. Masjid | 16. Area produksi |
| 5. Gedung serba guna | 17. Area utilitas |
| 6. Perluasan | 18. Area unit pengolahan limbah |
| 7. Parkir direksi | 19. Parkir truk |
| 8. Pos | 20. Bengkel |
| 9. Kantor utama | 21. Gedung penyimpan alat |
| 10. Kantin dan koperasi | 22. Perluasan |
| 11. Pemadam kebakaran | 23. Perluasan |
| 12. Poliklinik | 24. Taman |
| | 25. Perluasan |

Table 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik Ethanol

No	Lokasi	Ukuran, m	Luas, m ²
1	Pos Keamanan	(5 x 4) x 2 Unit	40
2	Parkir Tamu dan Karyawan	(30 x 25)	750
3	Kantor Utama	(37 x 18)	666
4	Parkir Direksi	(10 x 3)	30
5	Kantor Produksi	(35 x 20)	700
6	Area Proses	(60 x 45)	2.700

7	Area Utilitas	(60 x 40)	2.400
8	Area Pengolahan Limbah	(20 x 10)	200
9	Gudang Alat	(20 x 7)	140
10	Bengkel	(15 x 12)	180
11	Parkir Truk	(20 x 12)	240
12	Gudang Bahan Kimia	(12 x 8)	96
13	Poliklinik	(20 x 10)	200
14	Unit Pemadam Kebakaran	(20 x 15)	300
15	Gudang Serba Guna	(20 x 15)	300
16	Masjid	(20 x 20)	400
17	Kantin dan Koperasi	(20 x 12)	240
18	Mess Direksi	(40 x 20)	800
19	Mess Tamu	(12 x 5)	80
20	Mess Karyawan	(108 x 108)	11.664
21	Jalan, Taman dan lain-lain	-	3.000
22	Perluasan	(100 x 40)	4.000
23	Luas Tanah	-	29.106
24	Luas Bangunan	-	24.706
Luas area terpakai			29.106

4.3 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

- 1) Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan elevasi pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih,

sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas bekerja.

2) Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu, perlu juga diperhatikan arah hembusan angin.

3) Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi.

4) Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5) Tata letak alat proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

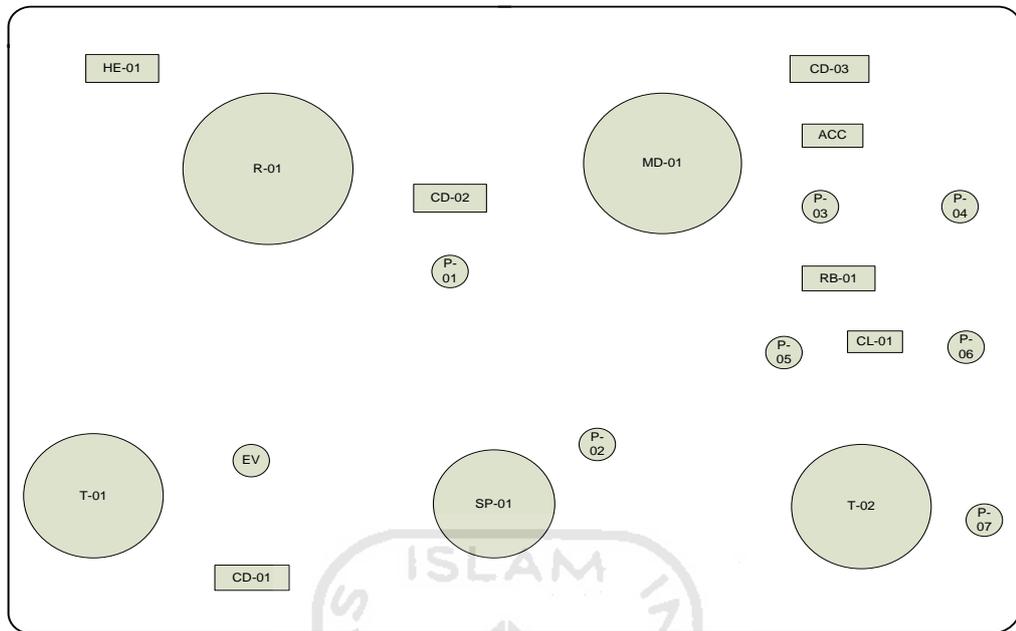
6) Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.

Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai
- c. Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk kapital yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.
- e. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.

Berikut gambar peta situasi pabrik dapat dilihat dalam gambar tata letak alat (*equipment lay out*) Pabrik etlhanol dari ethylene dan air dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun.



(Skala 1 : 100)

Gambar 4.2. Tata Letak Alat Proses Pabrik Ethanol

Keterangan :

- Tangki Penyimpan bahan baku Ethylene (T-01)
- Tangki penyimpanan produk Ethanol (T-02)
- Reaktor (R-01)
- Separator (SP-01)
- Menara Distilasi (MD-01)
- Kondensor (CD-01, CD-02 dan CD-03)
- Ekfansi Valve (EV-01)
- Heater (HE-01)
- Coller (CL-01)
- Pompa (P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06, P-07)

4.4 Alir Proses dan Material

Pembuatan Ethanol secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Bahan baku yang berupa methane (CH_4) sebesar 39,43 kg/jam, ethylene (C_2H_4) sebesar 6.688,34 kg/jam, ethane (C_2H_6) sebesar 110,86 kg/jam, acetylene (C_2H_2) sebesar 32 kg/jam, serta air (H_2O) sebesar 2.576,97 kg/jam, dimasukkan ke dalam reaktor untuk direaksikan dengan memakai katalis asam phospat (H_3PO_4). Reaktor yang dipakai adalah *fixedbed multitubulator reactor* dilengkapi dengan pendingin. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis dengan suhu 571,89 K dan tekanan 1 atm.
- Bahan keluar reaktor berupa methane (CH_4) sebesar 519,09 kg/jam, ethylene (C_2H_4) sebesar 6.293,68 kg/jam, ethane (C_2H_6) sebesar 193,46 kg/jam, acetylene (C_2H_2) sebesar 63,09 kg/jam, ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) sebesar 6.295,14 kg/jam, serta air (H_2O) sebesar 128,86 kg/jam, dialirkan ke separator 01. Hasil bawah SP-01 dialirkan ke menara distilasi 01 untuk proses pemurnian ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dengan kadar produk 98% sedangkan hasil atas dari SP-01 yang berupa (CH_4) sebesar 479,66 kg/jam, ethylene (C_2H_4) sebesar 3.418,14 kg/jam, ethane (C_2H_6) sebesar 82,,60 kg/jam, acetylene (C_2H_2) sebesar 31,10 kg/jam, ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) sebesar 33,93 kg/jam, serta air (H_2O) sebesar 0,30 kg/jam kemudian direcycle ke reaktor untuk diupkan kembali.

- Setelah dari menara distilasi 01 (MD-01), hasil bawah yang berupa ethanol (C_2H_5OH) sebesar 6198,59 kg/jam kemurnian 98 % dengan suhu 106,58 C, acetylene (C_2H_2) sebesar 0,32 kg/jam, serta air (H_2O) sebesar 115,70 kg/jam untuk ethanol dan air kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan produk (TP-02). Sedangkan hasil atas menara distilasi 01 yang masih mengandung (CH_4) sebesar 39,43 kg/jam, ethylene (C_2H_4) sebesar 2.875,54 kg/jam, ethane (C_2H_6) sebesar 110,86 kg/jam, acetylene (C_2H_2) sebesar 31,68 kg/jam, ethanol (C_2H_5OH) sebesar 62,61 kg/jam, serta air (H_2O) sebesar 12,86 kg/jam.
- Unit pengolahan limbah berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik, sehingga air buangan pabrik tidak mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik ethanol antara lain adalah limbah buangan sanitasi, air berminyak dari pompa dan air sisa proses.

1. Unit Pengolahan Air Buangan Sanitasi

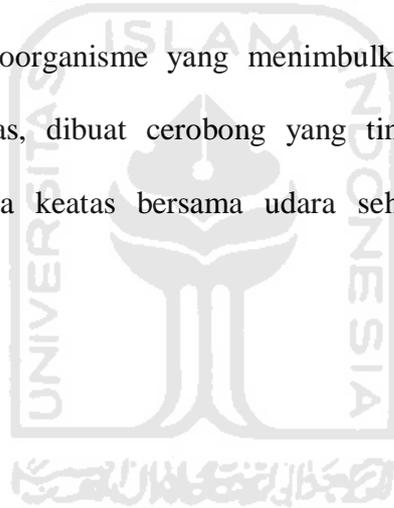
Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet dikawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan Lumpur aktif, aeresi, dan desinfektan Ca-hypochlorite.

2. Air Berminyak dari Pompa

Air berminyak berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat lain. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas dialirkan ke tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, kemudian dibuang.

3. Air Sisa Proses

Air buangan dari sanitasi dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dalam lumpur aktif, aerasi, dan injeksi chlorin yang berfungsi membunuh mikroorganisme yang menimbulkan penyakit. Sedangkan untuk limbah gas, dibuat cerobong yang tinggi supaya limbah gas langsung terbawa keatas bersama udara sehingga tidak mencemari lingkungan.



4.5 Perawatan (Maintenance)

4.1 Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1) *Overhaul* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2) *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

1. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

2. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

3. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

- 1) Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
- 2) Unit Pembangkit Steam
- 3) Unit Pembangkit Listrik
- 4) Unit Penyedia Udara Instrumen
- 5) Unit Penyediaan Bahan Bakar

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik ethanol ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1) Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

2) Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b) Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silica.

c) Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3) Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih

- Rasa : Tidak berasa
 - Bau : Tidak berbau
- b) Syarat kimia, meliputi:
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - Tidak mengandung bakteri, terutama bakteri yang pathogen.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1) Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

- a) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- b) Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan

NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara grafitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2) Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/menyaring partikel-partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira-kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

3) Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

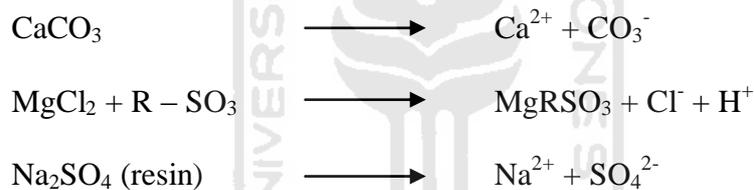
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

a) Cation Exchanger

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari cation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

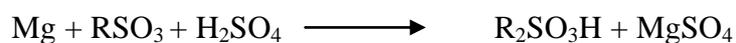
Sehingga air yang keluar dari kation tower adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

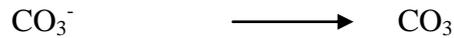
Reaksi:



b) Anion Exchanger

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^{-} dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:



c) Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *Hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada tube boiler.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

4) Pendinginan dan Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Air pendingin harus mempunyai sifat – sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung hal diatas, maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan – bahan kimia sebagai berikut :

1. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
2. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.

3. Zat dispersan, untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan fosfat).

Air yang telah digunakan pada cooler, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan pada *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendingin di pabrik.

4.6.1.2.1 Perhitungan Kebutuhan Air

1) Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.16 Kebutuhan Air untuk Pendingin (kg/jam)

Nama alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Condensor-01	1.893.316,21
Condensor -02	94.952,09
Condensor -03	473.696,67
Cooler-02	3.565,74
Total	2.465.530,71

Air pendingin 80% dimanfaatkan kembali, maka make up yang diperlukan 20%, sehingga :

$$\text{Make up air pendingin} = 20\% \times 2.465.530,71 \text{ kg/jam} = 493.106,14 \text{ kg/jam}$$

2) Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 4.17 Kebutuhan Steam (kg/jam)

Nama Alat	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
Steam	2.576,97
reboiler	9.029,06
HE-01	9.084,60
Total	20.690,63

Air pembangkit steam 80% dimanfaatkan kembali, maka make up yang diperlukan 20%, sehingga :

$$\text{Make up Steam} = 20\% \times 20.690,63 \text{ kg/jam} = 4.138,13 \text{ kg/jam}$$

3) Air Untuk Keperluan Perkantoran dan Rumah Tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air = 150 lt/hari

Jumlah karyawan + keluarga = ± 220 orang

Tabel 4.19 Kebutuhan Air Untuk Perkantoran dan Rumah Tangga

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Karyawan	843,750
2	Perumahan	500,000
3	Laboratorium	134,375
4	Bengkel	134,375
5	Kantin	134,375
6	Kebersihan, Pertamanan, dan Lain-lain	134,375
	Jumlah	1.881,250

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air total} &= (43.759.486,16 + 20.690,63 + 1.881,250) \text{ kg/jam} \\ &= 43.782.058,40 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Diambil angka keamanan 10% = $1,1 \times 43.782.058,40 = 48.160.263,84 \text{ kg/jam}$.

4.6.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (boiler) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 4.138,13 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit economizer safety valve sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silica, O_2 , Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam boiler feed water tank. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam economizer, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C , kemudian diumpankan ke boiler.

Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (burner) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di

dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting antara lain boiler, compressor, pompa, dan cooling tower. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

Kapasitas : 682 KWh

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan tenaga listrik 100% dan diesel. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 579,73 kg/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar (Industrial Diesel Oil) yang diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap. Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada boiler adalah Residual Oil no. 6 yang juga diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap.

4.6.6 Spesifikasi Alat-alat Utilitas

1. Pompa Utilitas (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air sungai menuju bak pengendap awal (BU-01) sebanyak 493.106,14 kg/jam.

Jenis : Centrifugal Pump Single Stage

Tipe : Axial Flow Impeller

Bahan : Stainless Steel

Kapasitas : 493.106,14 kg/jam

Kecepatan Volumetrik: 2.605,37 gpm

Kecepatan Linier : 1,10 m/s

Head Pompa : 2,84 m

Tenaga Pompa : 1,46 Hp

Tenaga Motor	: 3 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 16.747,66 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 5.506,40

2. Pompa Utilitas (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01) menuju bak flokulator (BF) sebanyak 493.106,14 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Axial Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 493.106,14 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 2.606,37 gpm
Kecepatan Linier	: 1,10 m/s
Head Pompa	: 8,59 m
Tenaga Pompa	: 1,03 Hp
Tenaga Motor	: 1,5 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 7.304,83 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 5.506,40

3. Pompa Utilitas (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak flokulator (BF) menuju Clarifier (CF) sebanyak 493.106,14 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Axial Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 493.106,14 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 26,05 gpm
Kecepatan Linier	: 1,10 m/s
Head Pompa	: 8,59 m
Tenaga Pompa	: 0,88 Hp
Tenaga Motor	: 1,5 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 7.304,83 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 5.506,40

4. Pompa Utilitas (PU-04)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak Clarifier (CF) menuju bak saringan pasir (BSP) sebanyak 493.106,14 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller

Bahan : Stainless Steel
Kapasitas : 493.106,14 kg/jam
Kecepatan Volumetrik: 2.605,27 gpm
Kecepatan Linier : 1,10 m/s
Head Pompa : 11,59 m
Tenaga Pompa : 1,19 Hp
Tenaga Motor : 1,5 Hp
Putaran Standar : 1750 rpm
Putaran Spesifik : 5831,95 rpm
Jumlah : 1
Harga : \$ 5.506,40

5. Pompa Utilitas (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih (BU-02) untuk didistribusikan ke bak penampung air untuk kantor dan rumah tangga, bak penampung air pendingin, bak air proses dan e tangki pembangkit steam sebanyak 591.727,37 kg/jam.

Jenis : Centrifugal Pump Single Stage
Tipe : Axial Flow Impeller
Bahan : Stainless Steel
Kapasitas : 591.727,37 kg/jam

Kecepatan Volumetrik: 2.605,37 gpm

Kecepatan Linier : 1,10 m/s

Head Pompa : 6,95 m

Tenaga Pompa : 0,71 Hp

Tenaga Motor : 1 Hp

Putaran Standar : 1750 rpm

Putaran Spesifik : 8.554,27 rpm

Jumlah : 1

Harga : \$ 5.507,19

6. Pompa Utilitas (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air pendingin (BU-04)
ke proses pendinginan sebanyak 2.366.909,48
kg/jam

Jenis : Centrifugal Pump multi Stage

Tipe : Radial Flow Impeller

Bahan : Stainless Steel

Kapasitas : 2.366.909,48 kg/jam

Kecepatan Volumetrik: 10.421,49 gpm

Kecepatan Linier : 168,44 m/s

Head Pompa : 793,33 m

Tenaga Pompa : 1,11 Hp

Tenaga Motor : 1,5 Hp

Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 890,26 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 12.650,74

7. Pompa Utilitas (PU-07)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak air pendingin menuju cooling tower untuk didinginkan sebanyak 2.366.909,48 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump multi Stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 2.366.909,48 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	10.421,49 gpm
Kecepatan Linier	: 168,44 m/s
Head Pompa	: 793,33 m
Tenaga Pompa	: 2,09 Hp
Tenaga Motor	: 3 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 890,26 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 12.650,74

8. Pompa Utilitas (PU-08)

Fungsi	: Mengalirkan air dari cooling tower untuk dimanfaatkan kembali sebagai pendingin sebanyak 2.366.909,48 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Multi Stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 2.366.909,48 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 10.421,49 gpm
Kecepatan Linier	: 168,44 m/s
Head Pompa	: 789,43 m
Tenaga Pompa	: 1,75 Hp
Tenaga Motor	: 3 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 892,08 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 12.650,74

9. Pompa Utilitas (PU-09)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki kation menuju tangki anion sebanyak 4.138,13 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Multi Stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller

Bahan : Stainless Steel
Kapasitas : 4.138,13 kg/jam
Kecepatan Volumetrik: 22 gpm
Kecepatan Linier : 0,51 m/s
Head Pompa : 1,53 m
Tenaga Pompa : 0,05 Hp
Tenaga Motor : 0,05 Hp
Putaran Standar : 1750 rpm
Putaran Spesifik : 2.451,49 rpm
Jumlah : 1
Harga : \$ 313,91

10. Pompa Utilitas (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki anion menuju tangki deaerator sebanyak 4.138,13 kg/jam.

Jenis : Centrifugal Pump Single Stage
Tipe : Mixed Flow Impeller
Bahan : Stainless Steel
Kapasitas : 4.138,13 kg/jam
Kecepatan Volumetrik: 22 gpm
Kecepatan Linier : 0,51 m/s
Head Pompa : 1,85 m
Tenaga Pompa : 0,06 Hp

Tenaga Motor	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 2.124,79 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 313,91

11. Pompa Utilitas (PU-11)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki daerator menuju tangki umpan boiler sebanyak 4.138,13 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 4.138,13 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	22 gpm
Kecepatan Linier	: 0,51 m/s
Head Pompa	: 2,43 m
Tenaga Pompa	: 0,07 Hp
Tenaga Motor	: 0,13 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 1.732,61 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 313,91

12. Pompa Utilitas (PU-12)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki air umpan boiler menuju boiler sebanyak 4.965,75 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 2794,16 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 22 gpm
Kecepatan Linier	: 0,51 m/s
Head Pompa	: 1,85 m
Tenaga Pompa	: 0,06 Hp
Tenaga Motor	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 2.124,79 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 313,91

13. Pompa Utilitas (PU-13)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak air proses (BU-03) untuk keperluan air kantor dan rumah tangga sebanyak 2.736,91 kg/jam.
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller

Bahan : Stainless Steel
Kapasitas : 2.736,91 kg/jam
Kecepatan Volumetrik: 15 gpm
Kecepatan Linier : 0,77 m/s
Head Pompa : 2,26 m
Tenaga Pompa : 0,05 Hp
Tenaga Motor : 0,05 Hp
Putaran Standar : 1750 rpm
Putaran Spesifik : 1.509,30 rpm
Jumlah : 1
Harga : \$ 249,46

14. Pompa Utilitas (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan downterm A dari tangki downterm
(TU-11) menuju furnace-02 sebanyak
112.526,53 kg/jam.

Jenis : Centrifugal Pump Single Stage
Tipe : Mixed Flow Impeller
Bahan : Stainless Steel
Kapasitas : 112.526,53 kg/jam
Kecepatan Volumetrik: 595 gpm
Kecepatan Linier : 6,24 m/s
Head Pompa : 10,75 m

Tenaga Pompa	: 8,84 Hp
Tenaga Motor	: 15 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 2.950,09 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2.270,16

15. Pompa Utilitas (PU-15)

Fungsi	: Mengalirkan downterm A dari furnace -02 menuju ke proses (Reaktor) sebanyak 112.526,53 kg/jam
Jenis	: Centrifugal Pump Single Stage
Tipe	: Axial Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 112.526,53 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	3000 gpm
Kecepatan Linier	: 1,27 m/s
Head Pompa	: 7,25 m
Tenaga Pompa	: 3,01 Hp
Tenaga Motor	: 5 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 8.903,67 rpm
Jumlah	: 1

Harga : \$ 2.269,11

16. Pompa Utilitas (PU-16)

Fungsi : Mengalirkan downterm A dari proses (reactor) menuju tangki penampung downterm sementara (TU-12) sebanyak 112.526,53 kg/jam

Jenis : Centrifugal Pump Single Stage

Tipe : Axial Flow Impeller

Bahan : Stainless Steel

Kapasitas : 112.526,53 kg/jam

Kecepatan Volumetrik: 3000 gpm

Kecepatan Linier : 1,27 m/s

Head Pompa : 7,25 m

Tenaga Pompa : 3,01 Hp

Tenaga Motor : 5 Hp

Putaran Standar : 1750 rpm

Putaran Spesifik : 8.903,67 rpm

Jumlah : 1

Harga : \$ 2.269,11

17. Pompa Utilitas (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan downterm A dari cooler menuju proses (Reaktor) sebanyak 112.526,53 kg/jam

Jenis : Centrifugal Pump Single Stage

Tipe	: Axial Flow Impeller
Bahan	: Stainless Steel
Kapasitas	: 112.526,53 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	3000 gpm
Kecepatan Linier	: 1,26 m/s
Head Pompa	: 7,25 m
Tenaga Pompa	: 3 Hp
Tenaga Motor	: 5 Hp
Putaran Standar	: 1750 rpm
Putaran Spesifik	: 8.903,67 rpm
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2.269,11

18. Bak Pengendap Awal (BU-01)

Fungsi	: Menampung dan menyediakan air untuk diolah serta mengendapkan kotoran sebanyak 493.106,14 kg/jam dengan waktu tinggal selama 3 jam.
Jenis	: Bak persegi panjang yang diperkuat beton bertulang
Panjang	: 37,68 m
Lebar	: 18,84 m
Tinggi	: 2,5 m

Volume : 1775,18 m³
Jumlah : 1
Harga : \$ 287.317,55

19. Flokulator (FL)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, sebanyak 493.106,14 kg/jam dengan waktu tinggal selama 1 jam.

Jenis : Bak silinder tegak
Diameter : 9,10 m
Tinggi : 9,10 m
Volume : 591,72 m³
Power pengaduk : 20 Hp
Jumlah : 1
Harga : \$ 138,17

20. Clarifier (CL)

Fungsi : Menampung sementara air yang mengalami fluktuasi dan memisahkan flok dari air sebanyak 493.106,14 kg/jam dengan waktu tinggal selama 1 jam.

Jenis : Bak silinder tegak dengan tutup kerucut

Diameter	: 9,10 m
Tinggi	: 12,13 m
Volume	: 591,73 m ³
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 135.096,14

21. Bak Saringan Pasir (BSP)

Fungsi	: Menyaring koloid-koloid yang lolos dari clarifier sebanyak 493.106,14 kg /jam
Debit	: 2.171,14 gpm
Tinggi	: 1,51 m
Volume	: 76,47 m ³
Panjang	: 7,10 m
Lebar	: 7,10 m
Ukuran pasir rata-rata	: 28 mesh
Tinggi lapisan pasir	: 1,26 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1.923,58

22. Bak Penampung Air Bersih (BU-02)

Fungsi	: Menampung air bersih yang keluar dari bak saringan pasir sebanyak 493.106,14 kg/jam.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang

Tinggi	: 2,5 m
Volume	: 1775,18m ³
Panjang	: 37,68m
Lebar	: 18,84 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 43.543,11

23. Bak Penampung Air Kantor dan Rumah Tangga (BU-03)

Fungsi	: Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga sebanyak 1,88 kg/jam.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang
Tinggi	: 1,5 m
Volume	: 0,03 m ³
Panjang	: 0.19 m
Lebar	: 0,10 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 370,25

24. Bak Penampung Air Pendingin (BU-04)

Fungsi	: Menampung air untuk keperluan proses yang membutuhkan air pendingin sebanyak 493.106,14 kg/jam dengan waktu tinggal 2 jam.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang

Tinggi	: 1,5 m
Volume	: 1.183,45 m ³
Panjang	: 39,72 m
Lebar	: 19,86 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 225.272,09

25. Cooling Tower (CT)

Fungsi	: Mendinginkan air pendingin setelah digunakan sebanyak 1.972.424,56 kg/jam.
Jenis	: Cooling tower induced draft
Tinggi	: 10,84 m
Ground area	: 201,70 m ²
Panjang	: 14,20 m
Lebar	: 14,20 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 57.554,90

26. Kation Exchanger (KN)

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg sebanyak 4.138,13 kg/jam.
Jenis	: Silinder tegak

Bahan konstruksi : Carbon stell SA-283 grade C
Tinggi : 1,91 m
Volume : 1,07 m³
Diameter : 0,85 m
Tebal : 0,0048 m
Jumlah : 2
Harga : \$ 5.780,79

27. Anion Exchanger (AN)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion-anion seperti Cl, SO₄ dan NO₃ sebanyak 4.138,13 kg/jam.
Jenis : Silinder tegak
Bahan konstruksi : Carbon stell SA-283 grade C
Tinggi : 1,91 m
Volume : 1,07 m³
Diameter : 0,85 m
Tebal : 0,0048 m
Jumlah : 2
Harga : \$ 5.780,79

28. Tangki Deaerator (DE)

Fungsi : Membebaskan gas CO₂ dan O₂ dari air yang telah dilunakkan dalam anion dan katio exchanger dengan larutan Na₂SO₃ dan larutan NaH₂PO₄.H₂O sebanyak 4.138,13 kg/jam.

Jenis : Bak silinder tegak

Tinggi : 1,85 m

Volume : 4,97 m³

Diameter : 1,85 m

Jenis pengaduk : Marine propeller 3 blade

Power pengaduk : 0,125 Hp

Jumlah : 1

Harga : \$ 9.970,11

29. Tangki Al₂ (SO₄)₃ (TU-01)

Tugas : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu operasi dengan kecepatan 493.106,14 kg/jam

Jenis : tangki silinder tegak

Kapasitas : 49,70 m³

Dimensi : D = 3,36 m

L = 6,72 m

Harga : \$ 34.014,10

30. Tangki Na₂CO₃ (TU-02)

Tugas : Menyiapkan dan menyimpan larutan Na₂CO₃ 5 % untuk 1 minggu operasi dengan kecepatan 493.106,14 kg/jam

Jenis : tangki silinder tegak

Kapasitas : 49,71 m³

Dimensi : D = 3,36 m ; L= 6,72 m

Harga : \$ 34.014,10

31. Tangki Larutan Kaporit (TU-03)

Fungsi : Membuat larutan desinfektan dari bahan kaporit untuk air yang akan digunakan di kantor dan rumah tangga.

Jenis : Tangki silinder tegak

Kebutuhan air : 1,88 kg/jam

Kadar chlorine : 49,6 % dalam kaporit

Kebutuhan kaporit : $1,52 \times 10^{-5}$ kg/jam

Tinggi : 1,07 m

Volume : 0,30 m³

Diameter : 1,07 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 25,60

32. Tangki Desinfektan (TU-04)

Fungsi	: Membunuh bakteri yang digunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga sebanyak 1,88 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 1,4 m
Volume	: 0,23 m ³
Diameter	: 1,4 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 93,19

33. Tangki Larutan NaCl (TU-05)

Fungsi	: Membuat larutan NaCl jenuh yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan NaCl	: 54,75 ft ³ /hari
Tinggi	: 1,33 m
Volume	: 1,86 m ³
Diameter	: 1,33 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 4.136,17

34. Tangki Larutan NaOH (TU-06)

Fungsi	: Membuat larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi anion exchanger
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan NaOH	: 15,21 ft ³ /hari
Tinggi	: 1,87 m
Volume	: 0,52 m ³
Diameter	: 1,87 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1.917,86

35. Tangki Larutan N₂H₄ (TU-07)

Fungsi	: Melarutkan N ₂ H ₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses sebanyak 4.138,13 kg/jam
Jenis	: Tangki Silinder Tegak
Kebutuhan N ₂ H ₄	: 0,12 kg/jam.
Tinggi	: 1,40 m
Volume	: 2,14 m ³
Diameter	: 1,40 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 4.505,29

36. Tangki Larutan Na₂SO₄ (TU-08)

Fungsi : Melarutkan Na₂SO₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses sebanyak 4.138,13 kg/jam.

Jenis : Tangki silinder tegak

Kebutuhan Na₂SO₄ : 0,12 kg/jam

Tinggi : 1,40 m

Volume : 2,15 m³

Diameter : 1,40 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 4.505,29

37. Tangki Umpan Boiler (TU-09)

Fungsi : Menampung umpan boiler sebanyak 4.138,13 kg/jam.

Jenis : Tangki silinder tegak

Tinggi : 2,33 m

Volume : 9,93 m³

Diameter : 2,33 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 25,60

38. Tangki Umpan Kondensat (TU-10)

Fungsi	: Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan boiler sebanyak 4.138,13 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 2,16 m
Volume	: 7,95 m ³
Diameter	: 2,16 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 34.014,10

39. Tangki Downterm A (TU-11)

Tugas	: Menampung Downterm A sebelum digunakan pada reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 15,6618 m ³
Dimensi	: D = 2,3693 m T = 3,5540 m
Harga	: US\$ 9.640,6123

40. Tangki penampung downterm A sementara (TU-12)

Tugas	: Menampung downterm A sementara dari alat proses sebelum disirkulasi menuju CL-01 untuk didinginkan
-------	--

Jenis : Tangki silinder tegak
Kapasitas : 6,62 m³
Dimensi : D = 2,16 m
 : T = 2,16 m
Harga : \$ 16.801,3803

41. Cooler-01 (Unit Downterm A)

Fungsi : Menurunkan suhu downterm dari 550 K menjadi 350 K sebelum disirkulasikan lagi menuju alat proses.
Tipe : *Double pipe heat exchanger*
Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
Luas transfer panas : 0,0262 ft²
Dirt Factor (Rd) : 0,0030 jam ft² °F/Btu
Harga : US\$ 4,7490

42. Furnace

Fungsi : Memanaskan Downterm dari suhu 298 K sampai suhu 350 K
Beban furnace : 0,0348 Kkal/jam
Bahan bakar : Fuel oil
Kebutuhan bahan bakar : 9,47E-06 Kg/jam
Harga : \$ 99,8344

43. Kompresor (KU-01)

Fungsi : Menyediakan udara tekan untuk keperluan alat instrumentasi dan kontrol sebanyak 579,73 kg/jam.

Jenis : Single stage centrifugal compressor

Kebutuhan udara tekan : 500 m³/jam

Kapasitas : 579,73 kg/jam

Power motor : 0,33 Hp

Jumlah : 1

Harga : \$ 15.902,48

44. Generator (GU)

Fungsi : Membangkitkan listrik untuk keperluan proses, utilitas dan umum sebanyak 682 kW.

Jenis : Generator diesel

Power : 682 kW

Jumlah : 1

Harga : \$ 58.276,75

45. Blower (BWU-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling ke dalam boiler (BO) sebanyak 263.971,60 ft³/jam

Kebutuhan udara : 263.971,60 ft³/jam

Power motor	: 3 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 21.094,14

46. Boiler (BO)

Fungsi	: Memproduksi steam sebanyak 4.138,13 kg/jam.
Jenis	: Fire tube boiler
Kebutuhan steam	: 4.138,13kg/jam
Luas transfer panas	: 4.626,64 ft ²
Jumlah tube	: 310 buah
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 66.564,71

4.7 Laboratorium

4.7.1 Kegunaan Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian mengenai bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atas mutu produksi perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan bahan pembantu, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Fungsi lain dari laboratorium adalah mengendalikan pencemaran lingkungan, baik pencemaran udara maupun pencemaran air. Laboratorium kimia merupakan sarana kegiatan guna pembangunan perusahaan supaya lebih maju dan menguntungkan baik dari segi teknis maupun non teknis.

Laboratorium berada di bawah bidang teknis dan produksi yang mempunyai tugas:

- 1) Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan bahan tambahan lainnya yang digunakan.
- 2) Sebagai pengontrol kualitas produk yang akan dipasarkan.
- 3) Sebagai pengontrol mutu air proses, air pendingin, air umpan boiler, steam, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.
- 4) Sebagai peneliti dan pelaku riset terhadap segala sesuatu yang berkenaan dengan pengembangan dan peningkatan mutu produk.
- 5) Sebagai pengontrol terhadap proses produksi, baik polusi udara, cair maupun padatan.

Adapun analisa yang dilakukan di laboratorium adalah:

- 1) Analisa mutu bahan baku
- 2) Analisa mutu produk
- 3) Analisa mutu air

Laboratorium juga digunakan untuk menganalisa keperluan utilitas, adapun analisa untuk keperluan utilitas meliputi :

- a. **Analisa feed water**, yang dianalisa meliputi *Dissolved oxygen*, PH, hardness, total solid, *suspended solid* serta *oil* dan *organic matter*.

Syarat kualitas *feed water* :

DO (*Disolved Oxygen*) : lebih baik $0 \leq 0,007$ ppm ($\leq 0,005$ cc/lit)

PH : ≥ 7

Hardness : 0

Temporary *hardness* maksimum : ppm CaCO_3

Total solid : ≤ 200 ppm (0-600 psi), ≤ 10 ppm (600-750 psi)

Suspended solid : 0

Oil dan organic matter : 0

- Penukar ion, yang dianalisa adalah kesadahan CaCO_3 dan silica sebagai SiO_2
- Air bebas mineral, analisisnya sama dengan penukar ion
- Analisa *cooling water*, yang dianalisa PH jenuh CaCO_3 dan indeks *Langelier*.

Syarat kualitas air pada *cooling water* :

- PH jenuh CaCO_3 : $11,207 - 0,916 \log \text{Ca} + \log \text{Mg} - 0,991 \log \text{total alkalinitas} + 0,032 \log \text{SC}_4$
- Indeks Langlier : PH jenuh CaCO_3 (0,6 – 10)

- b. **Analisa air umpan boiler**, yang dianalisa meliputi alkalinitas total, *sodium phosphate, chloride, PH, oil* dan *organic matter*, total solid serta konsentrasi silica.
- c. **Air minum yang dihasilkan** dianalisa meliputi PH, kadar *khlor* dan kekeruhan
- d. **Air bebas mineral**, yang dianalisa meliputi PH, kesadahan, jumlah O₂ terlarut, dan kadar Fe.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi 3 bagian :

1. Laboratorium Pengamatan

Fungsi dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua arus yang berasal dari proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan "*Certificate of Quality*" untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

2. Laboratorium Analisa/Analitik

Fungsi dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, produk akhir, kadar air, dan bahan kimia yang digunakan (additive, bahan-bahan injeksi, dan lain-lain).

3. Laboratorium Penelitian, Pengembangan dan Perlindungan Lingkungan

Fungsi dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap kualitas material terkait dalam proses yang digunakan untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk didalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan, dan pengurangan alat proses.

Berikut flow diagram proses pengolahan air pabrik ethanol dari ethylene dan air l dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun.



4.8 Organisasi Perusahaan

4.8.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Pabrik *Ethanol dari ethylene dan air* yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut :

- a) Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b) Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- c) Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d) Efisiensi dari manajemen

Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.

e) Lapangan usaha lebih luas

Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

f) Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.

g) Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

h) Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

a) Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang.

b) Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.

c) Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.

d) Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.

e) Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang pemburuhan.

4.8.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu

perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain :

- a) Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- b) Pendelegasian wewenang
- c) Pembagian tugas kerja yang jelas
- d) Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e) Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- f) Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu :

- 1) Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

2) Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

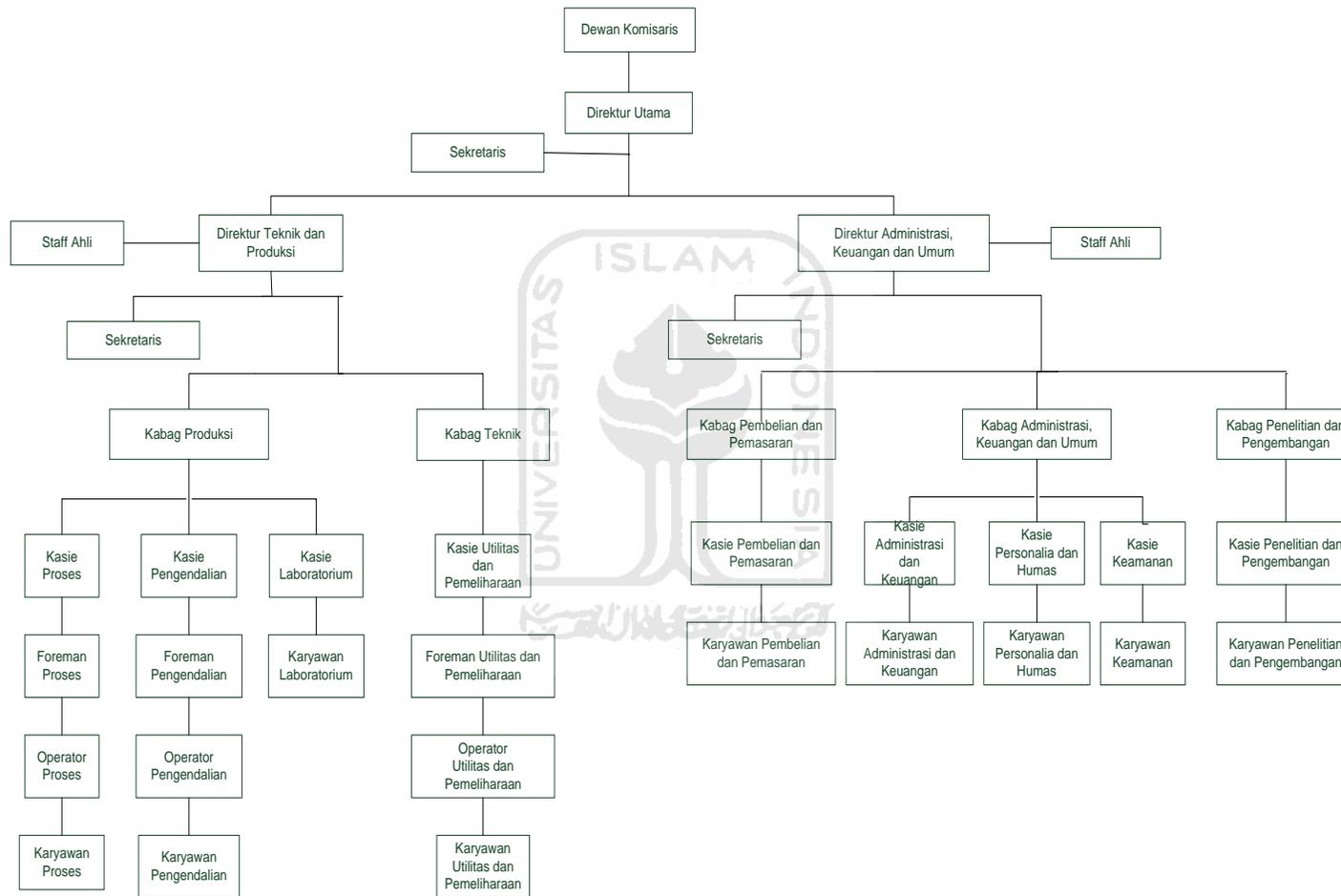
Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
- b) Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
- c) Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- d) Penyusunan program pengembangan manajemen.
- e) Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik *ethanol* dari *ethylene* dan *air* dengan kapasitas 50.000 ton/tahun.





Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan

4.8.3 Tugas dan Wewenang

4.8.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

- a) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b) Mengangkat dan memberhentikan direktur
- c) Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.8.3.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarah pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direktur.
- c. Membantu direktur dalam tugas-tugas penting.

4.8.3.3 Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan

kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan . Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

- a) Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
- b) Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
- c) Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- d) Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
- b) Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.

- b) Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.8.3.4 Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

- a) Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b) Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- c) Mempertinggi efisiensi kerja.

4.8.3.5 Kepala Bagian

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

- Seksi Proses

Tugas Seksi Proses meliputi :

- a. Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

b. Mengawasi jalannya proses produksi.

- Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian meliputi:

a. Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

- Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium meliputi:

a. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.

b. Mengawasi dan menganalisa produk.

c. Mengawasi kualitas buangan pabrik.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi:

- Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan antara lain:

a. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan *table* pabrik.

b. Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik .

- Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas antara lain:

- a. Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listik.

c. Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

- Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian antara lain:

- a. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- b. Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

- Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain:

- a. Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- b. Mengatur distribusi barang dari gudang.

d. Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

- Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan antara lain:

- a. Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

- Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain:

- a. Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- b. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.
- c. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- Seksi Humas

Tugas Seksi Humas antara lain:

- a. Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

- Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan antara lain:

- a. Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- b. Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan.
- c. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

e. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi:

- a. Seksi Penelitian
- b. Seksi Pengembangan

4.8.3.6 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.8.3.7 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut :

1. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu :

1. Karyawan *Non Shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah : Direktur Utama, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 6 hari dengan jam kerja sebagai berikut :

Jam kerja : Senin – Kamis : jam 07.00 – 16.00

Jumat : jam 07.00 – 17.00

Jam istirahat : Senin – Kamis : jam 12.00 – 13.00

Jumat : jam 11.00 – 13.00

2. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Para karyawan akan

bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut :

- *Shift* pagi : jam 07.00 – 15.00
- *Shift* siang : jam 15.00 – 23.00
- *Shift* malam : jam 23.00 – 07.00

Untuk karyawan *shift* dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu lainnya istirahat dan ini berlaku secara bergantian. Tiap regu mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap *shift*, dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, maka regu yang masuk tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Jadwal kerja *shift* tiap regu

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan : P = *shift* pagi

S = *shift* siang

M = *shift* malam

L = libur

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan

presensi dan masalah presensi ini akan digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan.

4.8.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

4.8.5.1 Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SMP. Perinciannya sebagai berikut :

Tabel 4.6 Jabatan dan keahlian

No	Jabatan	Keahlian
1	Direktur Utama	Magister Teknik Kimia
2	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Staf Ahli	Sarjana Teknik Kimia dan Ekonomi
5	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin
7	Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia
10	Kepala Seksi Personalia dan Humas	Sarjana Sosial
11	Kepala Seksi Keamanan	Ahli Madya
12	Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Industri/Ekonomi
13	Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	Sarjana Industri/Ekonomi

14	Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia
15	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik Kimia
16	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Teknik Kimia
17	Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	Sarjana Teknik Kimia
18	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia
19	<i>Foreman</i> Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
20	Operator Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
21	<i>Foreman</i> Teknik	Ahli Madya Teknik Mesin
22	Operator Teknik	Ahli Madya Teknik Mesin
23	<i>Foreman</i> Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
24	Operator Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
25	Karyawan Pembelian dan Pemasaran	Ahli Madya Teknik Industri / Ekonomi

26	Karyawan Administrasi dan Keuangan	Ahli Madya Ekonomi
27	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	Ahli Madya Teknik Kimia
28	Karyawan Personalia dan Humas	Ahli Madya Sosial
29	Karyawan Keamanan	Lulusan SMA
30	Karyawan Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
31	Karyawan Pengendalian	Ahli Madya Teknik Kimia
32	Karyawan Laboratorium	Ahli Madya Teknik Kimia
33	Karyawan Utilitas dan Pemeliharaan	Ahli Madya Teknik Kimia
34	Sekretaris	Ahli Madya Sekretaris
35	Medis	Dokter
36	Paramedis	Sarjana Keperawatan
37	Sopir	Lulusan SMP
38	<i>Cleaning Service</i>	Lulusan SMP

4.8.5.2 Perincian Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan jumlah karyawan proses dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 4.7 Perincian jumlah karyawan alat proses

Nama Alat	Σ Orang/Unit	Orang/shift (t)
Reaktor Fixed Bed	1	0.5
Cooler	1	0.25
Heater	1	0.25
expansive valve	1	0.2
menara distilasi	1	0.25
reboiler	1	0.25
condensor	3	0.75
Separator Drum	1	0.25
Total		2.70

- Jumlah operator untuk alat proses = $2,70 \times 3$ Shift
= 8,10 Orang
= 8 orang
- Jumlah operator utilitas = $0,5 \times$ Jumlah operator produksi
= $0,5 \times 8$ Orang
= 4 Orang

Sehingga total keseluruhan operator lapangan = 8 Orang + 4 Orang
= 12 Orang

Tabel 4.8 Jumlah karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum	1
4	Staf Ahli	2
5	Kepala Bagian Produksi	1
6	Kepala Bagian Teknik	1
7	Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran	1
8	Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum	1
9	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	1
10	Kepala Seksi Personalia dan Humas	1
11	Kepala Seksi Keamanan	1
12	Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	1
13	Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	1
14	Kepala Seksi Proses	1
15	Kepala Seksi Pengendalian	1
16	Kepala Seksi Laboratorium	1
17	Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	1
18	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1
19	<i>Foreman</i> Proses	4
20	Operator Proses	9
21	<i>Foreman</i> Teknik	4
22	Operator Teknik	9
23	<i>Foreman</i> Utilitas	4
24	Operator Utilitas	9
25	Karyawan Pembelian dan Pemasaran	4
26	Karyawan Administrasi dan Keuangan	3
27	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4
28	Karyawan Personalia dan Humas	3

29	Karyawan Keamanan	7
30	Karyawan Proses	9
31	Karyawan Pengendalian	6
32	Karyawan Laboratorium	3
33	Karyawan Utilitas dan Pemeliharaan	9
34	Sekretaris	3
35	Medis	1
36	Paramedis	3
37	Sopir	5
38	<i>Cleaning Service</i>	5

4.8.5.3 Penggolongan Gaji

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a) Gaji bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

b) Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c) Gaji lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4.9 Penggolongan gaji menurut jabatan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	20.000.000	20.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	18.000.000	18.000.000

Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum	1	18.000.000	18,000,000
Staf Ahli	2	15.000.000	30.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	10.000.000	10.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	10.000.000	10.000.000
Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran	1	10.000.000	10.000.000
Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum	1	10.000.000	10.000.000
Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	1	10.000.000	10.000.000
Kepala Seksi Personalia dan Humas	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Keamanan	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Proses	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Pengendalian	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Laboratorium	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1	8.000.000	8.000.000
<i>Foreman</i> Proses	4	5.000.000	15.000.000
Operator Proses	9	3.500.000	31.500.000
<i>Foreman</i> Teknik	4	5.000.000	20.000.000
Operator Teknik	9	3.500.000	31.500.000
<i>Foreman</i> Utilitas	4	5.000.000	20.000.000

Operator Utilitas	9	3.500.000	31.500.000
Karyawan Pembelian dan Pemasaran	4	2.500.000	10.000.000
Karyawan Administrasi dan Keuangan	3	2.500.000	7.500.000
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4	2.500.000	10.000.000
Karyawan Personalia dan Humas	3	2.500.000	7.500.000
Karyawan Keamanan	7	2.300.000	16.100.000
Karyawan Proses	9	2.500.000	22.500.000
Karyawan Pengendalian	6	2.500.000	15.000.000
Karyawan Laboratorium	3	2.500.000	7.500.000
Karyawan Utilitas dan Pemeliharaan	9	2.500.000	22.500.000
Sekretaris	3	2.500.000	7.500.000
Medis	1	3.500.000	3.500.000
Paramedis	3	2.500.000	7.500.000
Sopir	5	1.700.000	8.500.000
<i>Cleaning Service</i>	5	1.300.000	6.500.000
Total	135		589.100.000

4.8.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa :

1. Tunjangan

- a) Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

- b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- a) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.
- b) Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

- a) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- b) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan.

Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- c. Sarana peribadatan seperti masjid.
- d. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat-alat keamanan lain seperti *masker*, *ear plug*, sarung tangan tahan api.
- e. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

4.8.7 Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatkan kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian

agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian. Dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

a. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedang faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.

- Mencari daerah pemasaran lain.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain :

d. Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

e. Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilan meningkat.

f. Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

b. Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang

tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

1. Pengendalian kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor / analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

2. Pengendalian kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

3. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

4. Pengendalian bahan proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

4.9 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal

investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah :

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.9.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik *ethanol* beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2015. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2015 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1955 sampai 2015, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.10 Harga indeks

X (Tahun)	Y (indeks)
1987	332
1988	343
1989	355
1990	357
1991	361,3
1992	358

1993	359
1994	358,1
1995	380
1996	381,7
1997	386
1998	389,5
1999	390,6
2000	394
2001	394,3

Sumber : (<http://www.che.com>, 2007)

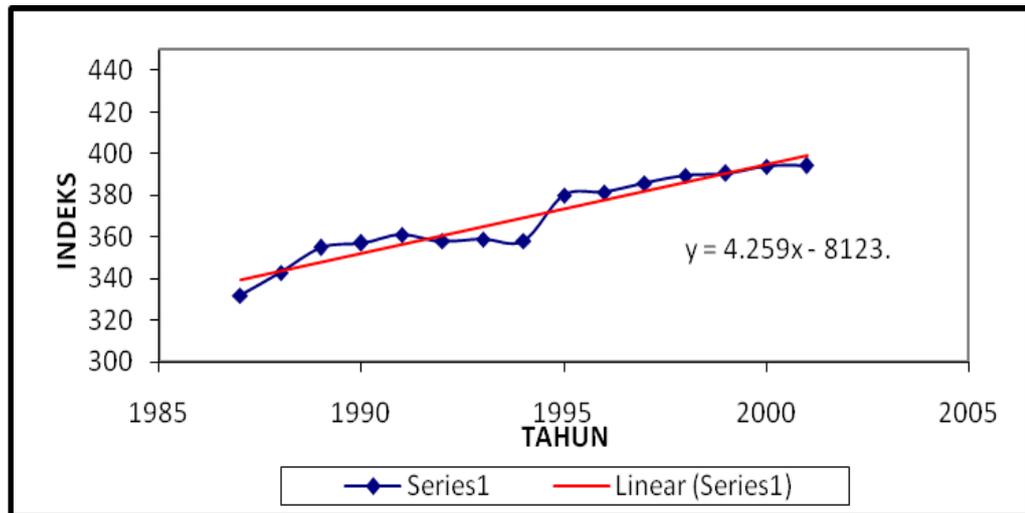
Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 4.2593x - 8123,7$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2015 adalah:

Tabel 4.11 Harga indeks pada tahun perancangan

Tahun	Indeks
2004	414,24
2005	418,7
2006	423,16
2007	427,62
2008	432,08
2009	436,54
2010	441
2011	445,46
2012	449,92
2013	454,38
2014	458,84
2015	463,3

Jadi indeks pada tahun 2015 = **463,3**



Gambar 4.7. Indeks harga

Harga–harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters & Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2015

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2007)

Nx : Index harga pada tahun 2015

Ny : Index harga pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2007)

4.9.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi <i>Ethanol</i>	= 50.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Pabrik didirikan pada tahun	= 2015
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 9.200,-
Harga bahan baku (ethylene)	= Rp 515.677.161.144,85
Harga bahan pembantu	
• Katalis (<i>Asam Phospat</i>)	= Rp 22.835.330.350,79
Harga Jual	= Rp 799.999.998.336

4.9.3 Perhitungan Biaya

4.9.3.1 *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.9.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya–biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.9.3.3 *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.9.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.9.4.1 *Percent Return On Investment*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

4.9.4.2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk

mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

4.9.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah :

- Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.9.4.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah :

- Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

4.9.4.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan

dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.9.4 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *Ethanol* memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing–masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.12 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Harga alat	-	1.065.170,89
2	Biaya pemasangan	103.619.824,19	122.622,47
3	Biaya pemipaan	138.530.800,12	529.224,83
4	Biaya instrumentasi	3.42.884,44	255.832,74
5	Biaya listrik	2.529.780,86	32.088,27
6	Biaya isolasi	2.529.780,86	106.650,24
7	Biaya bangunan	807.180.000,00	-
8	Biaya tanah dan perbaikan	927.180.000,00	-
9	Biaya utilitas	279.584.843,49	2.353.443,01
10	Environmental	-	118.717,16
Physical Plant Cost (PPC)		2.264.797.913,97	4.583.749,61

Tabel 4.13 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Construction Cost</i> (34%.PEC)	-	765.796,44
2.	<i>Engineering Cost</i> (32%.PEC)	-	720.749,59
Total (DPC + PPC)		2.264.797.913,97	6.070.295,65

Tabel 4.14 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Contractors fee</i> (6%.DPC)	135.887.874,84	275.024,98
2.	<i>Contigency</i> (10%.DPC)	226.479.791,40	458.374,96
Total		2.627.165.580,21	6.803.695,58

Tabel 4.15 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	538.512.491.495,63	-
2.	<i>Labor</i>	7.069.200.000,00	-
3.	<i>Supervisor</i>	706.920.000,00	-
4.	<i>Maintenance</i>	-	136.073,91
5.	<i>Plant Suplies</i>	-	20.411,09
6.	<i>Royalty and Patent</i>	7.999.999.983,36	-
7.	Bahan utilitas	38.119.281.684,56	-
	Total	592.407.893.163,55	156.485,00

Tabel 4.16 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	<i>Payroll Overhead</i>	706.920.000,00
2	<i>Laboratory</i>	706.920.000,00
3	<i>Plant Overhead</i>	2.827.680.000,00
4	<i>Packaging</i>	23.999.999.950, 08
5	<i>Shipping</i>	31.999.999.933,44
	Total IMC	60.241.519.883,52

Tabel 4.17 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1.	Depresiasi	680.369,56	262.716.558,02
2.	<i>Propertay tax</i>	68.036,96	26.271.655,80
3.	Asuransi	68.036,96	26.271.655,80
	Total	816.443,47	315.259.869,62

Tabel 4.18 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	592.407.893.163,55	156.485,00
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	60.241.519.883,52	-
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	315.259.869,62	816.443,47
	Total	652.964.672.916,70	972.928,47

Tabel 4.19 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	48.955.681.045,06	-
2.	<i>Inproses Inventory</i>	989.340.413,51	1.474,17
3.	<i>Product Inventory</i>	54.413.722.743,06	81.077,37
4.	<i>Extended credit</i>	66,666,666,528.00	-
5.	<i>Available cash</i>	54.413.722.743,06	81.077,37
	Total	225.439.133.472,68	163.628,88

Tabel 4.20 *General Expense (GE)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Administrasi	23.999.999.950,08	-
2.	<i>Sales expense</i>	32.648.233.645,83	48.646,42
3.	<i>Research</i>	22.853.763.552,08	34.052,50
4.	<i>Finance</i>	4.561.325.981,06	139.346,49
	Total	84.063.323.129,816	222.045,41

Tabel 4.21 Total biaya produksi

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	652.964.672.916,70	972.928,47
2.	<i>General Expense</i>	84.063.323.129,06	222.045,41
	Total	737.027.996.045,75	1.194.973,88
	Total (Rp)	748.021.755.719,45	

Tabel 4.22 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1.	Depresiasi	680.369,56	262.716.558,02
2.	<i>Property tax</i>	68.036,96	26.271.655,80
3.	Asuransi	68.036,96	26.271.655,80
	Total	816.443,47	315.259.869,62
	Total Fa (Rp)	7.826.539.794,26	

Tabel 4.23 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	538.512.491.495,63
2	<i>Packing</i>	23.999.999.950,08
3	<i>Shipping</i>	31.999.999.933,44
4	Utilitas	38.119.281.684,56
5	<i>Royalties & patents</i>	7.999.999.983,36
	Total Va	640.631.773.047,07

Tabel 4.24 *Regulated cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor Cost	7.069.200.000,00	-
2	Payroll overhead	706.920.000,00	-
3	Supervision cost	706.920.000,00	-
4	Laboratorium	706.920.000,00	-
5	Plant Suplies	-	20.411,09
6	Maintenance cost	-	136.073,91

7	Plant overhead	2.827.680.000,00	-
8	General expenses	84.063.323.129,06	222.045,41
	Total Ra	96.080.963.129,06	378.530,41
	Total Ra (Rp)	99.563.442.878,12	

4.9.5 Analisa Keuntungan

Harga jual produk <i>Ethanol</i>	= Rp 16.000/kg
<i>Annual Sales (Sa)</i>	= Rp 799.999.998.336
<i>Total Cost</i>	= Rp <u>748.021.755.719,45 (-)</u>
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 51,978,242,616.55
Pajak Pendapatan	= 50%
Keuntungan setelah pajak	= Rp 25,989,121,308.27

4.9.6 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.9.7.1 Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

$$ROI \text{ sebelum pajak} = 79,70\%$$

$$ROI \text{ sesudah pajak} = 39,85\%$$

4.9.7.2 Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

$$POT \text{ sebelum pajak} = 1.11 \text{ tahun}$$

$$POT \text{ sesudah pajak} = 2.01 \text{ tahun}$$

4.9.7.3 Break Even Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = 42,04 \%$$

4.9.7.4 Shut Down Point (SDP)

$$\text{SDP} = \frac{(0,3 \text{ Ra})}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra})} \times 100 \%$$

$$\text{SDP} = 33,31 \%$$

4.9.7.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 65,221,164,952.21

Working Capital = Rp 226,944,519,157.58

Salvage Value (SV) = Rp 6,522,116,495.22

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi + finance*

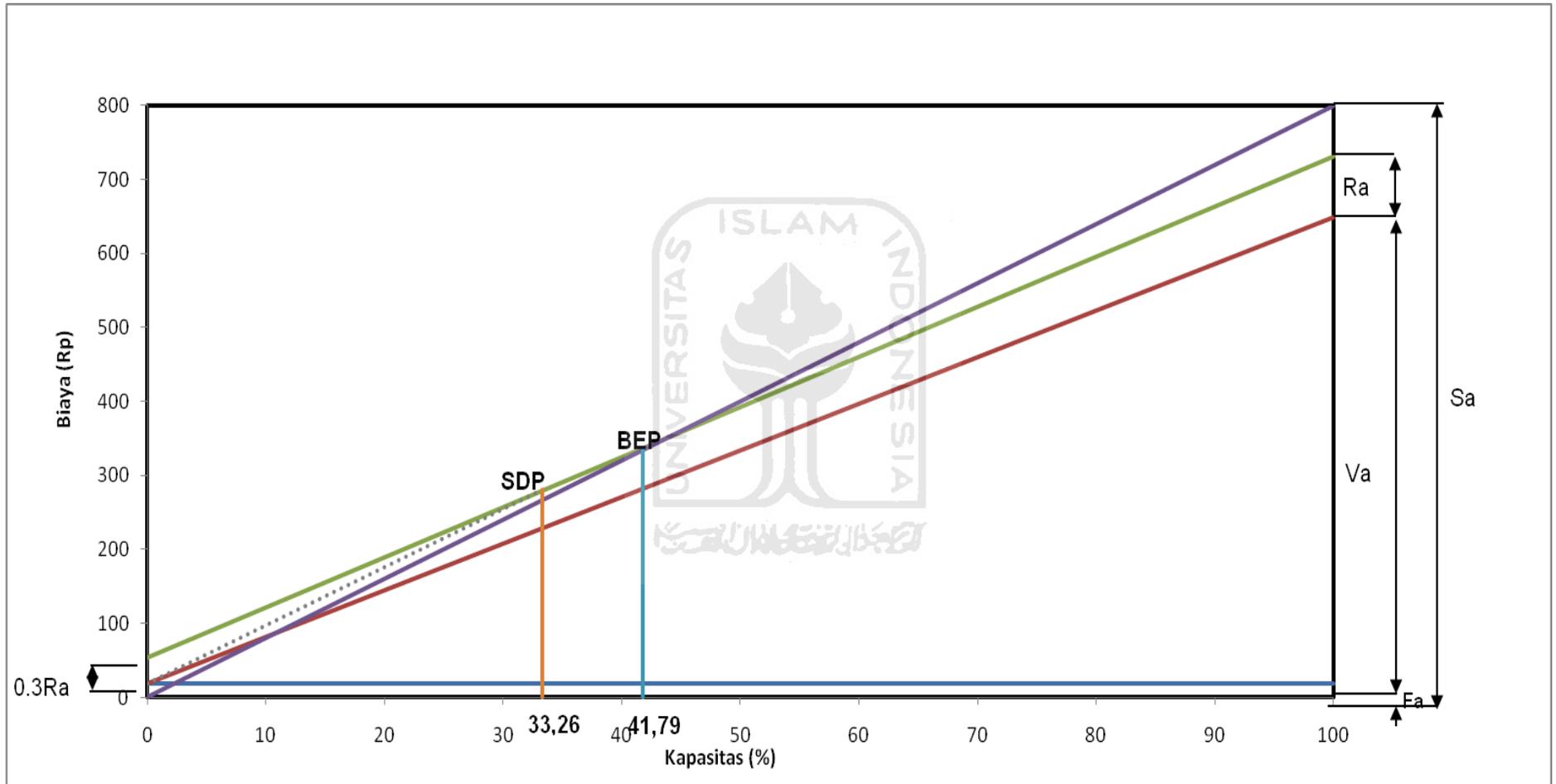
CF = Rp 38,354,551,485.69

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(\text{FC} + \text{WC})(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + \text{WC} + \text{SV}$$

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 11,98 \%$



Gambar 4.8. BEP dan SDP

BAB V

KESIMPULAN

Dalam pra rancangan pabrik ethanol dari ethylene dan air dengan kapasitas 50.000 ton/tahun layak didirikan dengan resiko rendah karena :

1. Bahan yang ditangani :
 - a. Umumnya bahan mudah ditangani
 - b. Bahan baku tidak berbahaya bagi lingkungan
 - c. Bahan baku dan produk mudah transportasinya
 - d. Tidak dilarang oleh pemerintah
2. Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak	: Rp 51,978,242,616.55 /tahun.
Keuntungan setelah pajak	: Rp 25,989,121,308.27 /tahun
 - b. Return On Investment (ROI) :

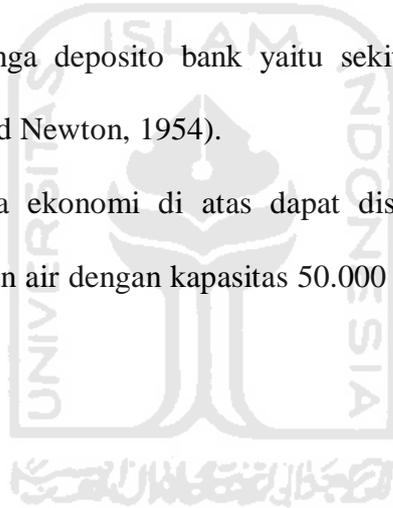
ROI sebelum pajak sebesar	: 79,70 %
ROI setelah pajak sebesar	: 39,85 %
 - c. Syarat ROI untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11%. (Aries and Newton, 1954)
 - d. Pay Out Time (POT) :

POT sebelum pajak selama	: 1,11 tahun
POT setelah pajak selama	: 2,01 tahun

- e. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun. (Aries and Newton, 1954)
- f. Break Event Point (BEP) : 42,04 %
- g. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%. (Aries and Newton, 1954)
- h. Shut Down Point (SDP) : 33,31 %.
- i. Discounted Cash Flow (DCF) sebesar : 11,98 %

Suku bunga deposito di bank saat ini adalah 6,5%. Syarat minimum DCF adalah diatas suku bunga deposito bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga deposito bank (Aries and Newton, 1954).

Dari hasil analisa ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ethanol dari ethylene dan air dengan kapasitas 50.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*,
Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Biro Pusat Statistik, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, Indonesia
foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta, 2003-2009
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit
Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John
Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol 1 \$ 6,
Pergamon Internasional Library, New York
- Faith, W.L., and Keyes, D.B., 1961, *Industrial chemical*, John Wiley and Sons,
Inc., New York
- Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., Andersen, L.B., 1959,
Principles of Unit Operations, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New
York
- Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Process and Unit Operation*, 2nd ed., Allyn
and Bacon Inc., Boston.
- Holman, J., 1981, *Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- <http://www.bi.co.id> diakses tanggal 6 Januari 2011
- <http://www.che.com> diakses tanggal 10 Oktober 2010
- <http://www.matche.com> diakses tanggal 11 Desember 2010

<http://www.pajak.net> diakses tanggal 6 Januari 2011

Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1983, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York

Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York

Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston

Mc Adams, W.H., 195, *Heat Transmission*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

McCabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Powell, S.P., 1954, *Water Conditioning for Industry*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Rase, F.H., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plants*, John Wiley and Sons, Inc., New York

R.K.Sinnott, "An Introduction to Chemical Engineering Design", Pergamon Press, 1983

- Ryan, W.J., 1949, *Water Treatment and Purification*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Sularso dan Tahara, H., 1985, *Pompa dan Kompresor*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, Mc Graw Hill Book co., Inc., New York
- Treyball, R.E., 1968, “ *Mass Transfer Operations* “, 2nd. Ed. Mc. Graw Hill, International Student Edition, Singapore.
- Ulrich, G.D, 1984, “ *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic's* ”, John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Wallas, Stenley, M., 1991, “ *Chemical Process Equipment Selection and Design* “, Mc GrawHill Book Co., Tokyo.
- Yaws, C.L., 1999, *Thermodynamics and Physical Property Data*, Mc. Graw-Hill Book Co., New York.

LAMPIRAN



LAMPIRAN A

1. REAKTOR

Kode : R-01

Fungsi : Mereaksikan ethylene dan air menjadi ethanol

Tipe : *Fixed bed multi tube*

Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor *Fixed bed multi tube* dengan pertimbangan sebagai berikut:

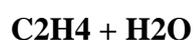
- a. Reaksi berlangsung dalam fase gas dengan katalis padat.
- b. Katalis yang digunakan berumur panjang.
- c. Reaksi bersifat eksotermis sehingga membutuhkan luas perpindahan panas yang besar.
- d. Tidak diperlukan pemisahan katalis dari produk.
- e. Konstruksi sederhana.
- f. Perawatan, perbaikan, dan operasional mudah.

(Hill, hal 425-431

)

Reaktor terdiri dari suatu *shell* dan *tube* vertikal dengan katalis berada pada *tube* sedangkan pendingin berada di *shell* untuk mengambil panas yang dihasilkan dari reaksi eksotermis.

Reaksi :



Data-data Reaktor :	
1. Suhu masuk	571,89 °K
2. Tekanan operasi	1 atm
3. Konversi	95 %

Data-data katalis:	
1. Jenis	H ₃ PO ₄
2. Bentuk	<i>Padat</i>
3. Dp	0.45 cm
4. Porositas	0,38
5. Massa jenis	1.57 g/cm ³

(Prosiding Soehadi Reksowardojo, 1995)

1. Menghitung Laju Volumetrik Umpan.

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

$$P_r = \frac{P}{P_c}$$

$$B^0 = 0,083 - \frac{0,422}{T_r^{1,6}} \quad (\text{Pers.3-61, Smith \& Van Ness, ed. 6, hal. 102})$$

$$B^1 = 0,139 - \frac{0,172}{T_r^{1,2}} \quad (\text{Pers.3-62, Smith \& Van Ness, ed. 6, hal. 102})$$

$$\frac{B.P_c}{R.T_c} = B^0 + \omega.B^1 \quad (\text{Pers.3-59, Smith \& Van Ness, ed. 6, hal. 102})$$

$$Z = 1 + \left[\frac{B.P_c}{R.T_c} \right] \left[\frac{P_r}{T_r} \right] \quad (\text{Pers.3-58, Smith \& Van Ness, ed. 6, hal. 102})$$

Komponen	BM	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	yi	wi
CH4	16.043	32.36	519.09	0.06	0.01
C2H4	28.054	360.25	10106.48	0.66	0.09
C2H6	30.07	6.43	193.46	0.01	0.10
C2H2	26.038	2.42	63.09	0.00	0.19
C2H5OH	46.069	0.74	33.93	0.00	0.64
H2O	18.015	143.06	2577.27	0.26	0.35
Σ		545.26	13493.32	1.00	

yi.BMi	Tci (K)	Pci (bar)	Tri	Pri	B ⁰
0.95	190.58	46.04	3.00	0.02	0.01
18.54	282.36	50.32	2.03	0.02	-0.05
0.35	305.42	48.80	1.87	0.02	-0.07
0.12	308.32	61.39	1.85	0.02	-0.07
0.06	516.25	63.84	1.11	0.02	-0.28
4.73	647.13	220.55	0.88	0.00	-0.43
24.75		490.94	10.75		

B ¹	BPc/RTc	Z	V (m3)	yi.V
0.14	0.01	1.00	1498.54	88.92
0.13	-0.04	1.00	16676.18	11017.82
0.13	-0.06	-0.54	-161.32	-1.90
0.13	-0.05	1.00	112.17	0.50

0.03	-0.26	1.00	33.98	0.05
-0.15	-0.48	1.00	6608.58	1733.91
Σ				12839.30

$$V_g = \frac{n.Z.R.T}{P}$$

Laju Volumetrik umpan Reaktor = **12839.30** m³/jam

2. Menghitung Berat Molekul dan Densitas Umpan

Komponen	BM	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	y _i	y _i .BM _i
CH ₄	16.043	32.36	519.09	0.06	0.95
C ₂ H ₄	28.054	360.25	10106.48	0.66	18.54
C ₂ H ₆	30.07	6.43	193.46	0.01	0.35
C ₂ H ₂	26.038	2.42	63.09	0.00	0.12
C ₂ H ₅ OH	46.069	0.74	33.93	0.00	0.06
H ₂ O	18.015	143.06	2577.27	0.26	4.73
Σ		545.26	13493.32	1.00	24.75

Berat Molekul umpan Reaktor = 24,75

$$\begin{aligned} \text{Densitas umpan} &= \frac{m}{v} = \frac{1349332}{12839,30} \\ &= 1,05 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

3. Menghitung Viskositas Umpan

$$\mu = 2,6693 \times 10^{-5} \frac{\sqrt{MT}}{\sigma^2 \Omega_\mu} \quad (\text{Pers. 1.4 -18, Bird, hal.23})$$

$$\sigma = 2,44 \left(\frac{Tc}{Pc} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Pers. 1.4 -13, Bird, hal.22})$$

$$\Omega_\mu = \text{dari Appendix B, Bird, hal. 744 dengan melihat harga } \frac{\varepsilon}{\kappa}$$

$$\frac{\varepsilon}{\kappa} = 0,77 \cdot Tc \quad (\text{Pers. 1.4 -11, Bird, hal.22})$$

$$\mu_{\text{campuran}} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \mu_i}{\sum_{j=1}^n Y_j \Phi_{ij}} \quad (\text{Pers. 1.4 -19, Bird, hal.24})$$

$$\Phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left(1 + \frac{BM_i}{BM_j} \right)^{-1/2} \left[1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j} \right)^{1/2} \left(\frac{BM_j}{BM_i} \right)^{1/4} \right]^2 \quad (\text{Pers. 1.4 -20, Bird, hal.24})$$

$$T = \text{Suhu masuk reaktor} = 571.89 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Komponen	BM	yi	$\frac{\varepsilon}{\kappa}$	μ_{gas}
CH4	16.043	0.0790	146.75	0.0671
C2H4	28.054	0.5480	217.42	0.0651
C2H6	30.070	0.0157	235.17	0.0774
C2H2	26.038	0.0059	237.41	0.0664
C2H5OH	46.069	0.3338	397.51	0.0586
H2O	18.015	0.0175	498.29	0.0732

Komponen	y_i	μ_{gas}	$y_i \cdot \mu_{\text{gas}}$ (kg/jam.m)
CH ₄	0.0790	0.0671	0.0040
C ₂ H ₄	0.5480	0.0651	0.0430
C ₂ H ₆	0.0157	0.0774	0.0009
C ₂ H ₂	0.0059	0.0664	0.0003
C ₂ H ₅ OH	0.3338	0.0586	0.0001
H ₂ O	0.0175	0.0732	0.0192
Σ			0.0675

Viskositas umpan Reaktor = 0,0675 kg/m. Jam

4. Menghitung Konduktivitas Umpan

Harga k_{campuran} dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$$k_{\text{campuran}} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i k_i}{\sum_{j=1}^n Y_j \Phi_{ij}} \quad (\text{Pers. 8.3-17, Bird, hal 258})$$

$$k = \left(C_p + \frac{5}{4} \frac{R}{BM} \right) \mu \quad (\text{Pers. 8.3-15, Bird, hal 257})$$

Komponen	y_i	k_{gas} W/m.K	$y_i \cdot k_{\text{gas}}$ W/m.K
CH ₄	0.06	0.08	0.00
C ₂ H ₄	0.66	0.06	0.04
C ₂ H ₆	0.01	0.06	0.00
C ₂ H ₂	0.00	0.06	0.00
C ₂ H ₅ OH	0.00	0.05	0.00
H ₂ O	0.26	0.04	0.01
Σ			0.06

Konduktivitas umpan Reaktor = 0,06 W/m K

= 0,05 kkal/jam m K

5. Menghitung Jumlah dan Susunan Tube

Direncanakan menggunakan <i>tube</i> dengan spesifikasi,		
<i>Nominal size</i>	1 1/4	3,18 cm
OD	1.66 in.	4,22 cm
ID	1,38 in.	3,51 cm
<i>Flow area per tube</i>	1,50 in. ²	9,68 cm ²

(Foust, Appendix C-6a)

Menghitung kecepatan alir massa umpan:

Dari Fig. 11.5.a-1 Froment and Bischoff, untuk aliran turbulen diambil N_{Re}

$$= 2100$$

$$N_{Re} = \frac{G_t D_p}{\mu_t}$$

$$G_t = \frac{\mu N_{Re}}{D_p}$$

Dimana:

$$\mu = \text{Viskositas umpan} = 0,07 \text{ kg/m.jam}$$

$$D_p = \text{Diameter partikel} = 0.45 \text{ cm}$$

$$N_{Re} = \text{Bilangan Reynolds} = 2100$$

$$G_t = \text{Laju alir volumetrik}$$

$$G_t = \frac{(0,07)(2100)}{0,45}$$

$$= 0,87 \text{ g/(cm}^2 \cdot \text{detik)}$$

Menentukan jumlah *tube*:

$$A_t = \frac{W_t}{G}$$

$$A_t = \frac{13493,32}{31181,12}$$

$$= 0,2542 \text{ m}^2$$

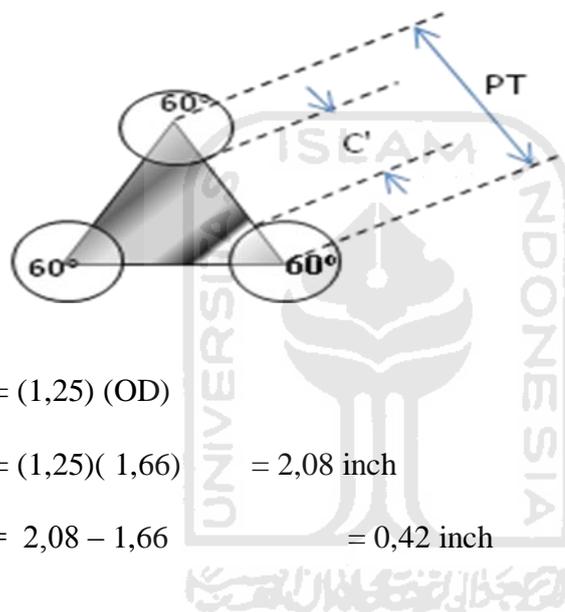
$$N_t = \frac{A_t}{A_o}$$

$$N_t = \frac{10015,74}{9,68}$$

$$= 1034,96 \text{ buah}$$

diambil jumlah *tube* 1035 buah.

Dengan susunan *tube* yang direncanakan adalah *Triangullar pitch*



$$P_t = (1,25) (OD)$$

$$= (1,25)(1,66) = 2,08 \text{ inch}$$

$$C' = 2,08 - 1,66 = 0,42 \text{ inch}$$

6. Menghitung Diameter *Shell*

$$\text{Luas segitiga} = (0,5)(2,08)^2 \sin 60^0)$$

$$= 1,87 \text{ inch}^2$$

$$\text{Luas seluruh segitiga} = (\text{Luas segitiga}) \left(\frac{\sum \text{Tube}}{3} \right)$$

$$= (1,87 \text{ inch}^2) \left(\frac{1035}{3} \right)$$

$$= 645,15 \text{ inch}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lubang segitiga} &= (1/2)(\pi/4)(OD^2) \left(\frac{\sum tube}{3} \right) \\
 &= (1/2)(3,14/4)(1,66^2)(1035/3) \\
 &= 370,01 \text{ inch}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tanpa lubang} &= 645,15 \text{ inch}^2 - 370,01 \text{ inch}^2 \\
 &= 275,14 \text{ inch}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Shell} &= \text{Luas tanpa lubang} + \\
 &[(\pi/4)(OD^2)(\sum tube)] \\
 &= 275,14 + (3,14/4)(1,66^2)(1035) \\
 &= 2495,21 \text{ inch}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Inside diameter shell} &= \sqrt{\frac{4.0,866.Nt.Pt^2}{\pi}} \\
 &= 70,12 \text{ inch}
 \end{aligned}$$

$$= 178,09 \text{ cm}$$

7. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas

Spesifikasi reaktor	
1. <i>Shell side</i>	<i>Dowtherm A</i>
ID _s	70,12 inch
<i>Baffle spacing (Bs)</i>	17,53 inch
μ_D	2,08 kg/ m. jam
C _{p_s}	0,23 kal/ g.°K
ρ_s	1,02 g/cm ³
k _s	0,48 kj/ m.jam.°K
2. <i>Tube side</i>	Feed Reaktor
ID _t	1,50 inch
OD _t	1,38 inch
D _p (diameter katalis)	0,45 cm
P _T	2,08 inch
k	0,48 kkal/jam.m.°K)
μ	0,07 g/(cm.det)
G _t	0,87 g/cm ² .det
N _t	1035 buah

1. *Shell side*

Menghitung harga koefisien perpindahan panas *Dowtherm A*, sebagai pendingin reaktor,

$$a_s = \frac{ID_s C' B_s}{P_T} \text{ (Pers. 7.1, Kern, hal. 138)}$$

Dimana:

a_s = *Cross flow area*

ID_s = *Diameter dalam shell*

P_T = *Tube pitch*

C' = *Clearance*

B = *Baffle spacing*

$$a_s = \frac{(70,12)(0,42)(17,53)}{(2,08)}$$

$$= 248,81 \text{ inch}^2$$

$$= 1585,85 \text{ cm}^2$$

$$G_s = \frac{W_s}{a_s}$$

Dimana,

G_s = *Kecepatan massa pendingin Reaktor*

W_s = *Laju alir pendingin Reaktor* = 31257,37

a_s = *cross flow area*

$$G_s = \frac{31257,37}{1585,85}$$

$$= 19,71 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{dtk}$$

$$= 70956,51 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam}$$

Untuk desain *triangular pitch*:

$$D_e = \frac{4 \left[(0,5 P_T \cdot 0,86 P_T) - 0,5\pi \frac{ODt}{4} \right]}{0,5\pi \cdot ODt} \quad (\text{Pers. 7.5, Kern, hal. 139})$$

Dimana:

D_e = Diameter ekivalen

P_T = *Tube pitch*

ODt = Diameter luar *tube*

$$D_e = \frac{4x \left[(0,5)(5,27)(0,86)(5,27) - 0,5x3,14 \frac{(38^2)}{4} \right]}{(0,5)(3,14)(1,38)}$$

$$= 21,05 \text{ cm}$$

$$= 0,21 \text{ m}$$

Menghitung Bilangan Reynold *shell*

$$Re = \frac{G_s D_e}{\mu_g}$$

Dimana:

μ_s = Viskositas pendingin

$$Re = \frac{70956,51 \times 0,21}{2,08} = 7165,24$$

$$J_H = 35 \quad (\text{Fig. 28, Kern, hal. 838})$$

$$h_o = J_H \frac{KD}{De} \sqrt[3]{Pr} \quad (\text{Pers. 6.15b, Kern, hal. 112})$$

Dimana:

h_o = Koefisien perpindahan panas di *shell*

J_H = *factor for heat transfer*

KD = Konduktivitas pendingin

D_e = Diameter ekivalen

$$h_o = 35 \times \frac{0,48}{0,21} \sqrt[3]{0,97}$$

$$= 79,07 \text{ Kj/jam.m}^2.\text{K}$$

2. Tube side

Menghitung koefisien perpindahan panas umpan masuk reaktor untuk pemanasan,

$$h_i = j_H (k/D) (Pr)^{1/3}$$

$$h_i = J_H \frac{K}{D} \sqrt[3]{Pr}$$

(Pers. 11.5.a-7, *Froment and Bischoff*,

hal.476)

Dimana:

h_i = Koefisien perpindahan panas di *tube*

k = Konduktivitas umpan

D = Diameter dalam *tube*

J_h = 25 (Fig. 28 *Kern hal 112*)

$$h_i = 25 \times \frac{0,21}{(3,51/100)} \sqrt[3]{0,77}$$

$$= 134,51 \text{ Kj/jam.m}^2.\text{K}$$

Mengoreksi harga h_i ,

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} \quad (\text{Pers. 6.5, Kern, hal. 111})$$

Dimana:

h_{io} = Koefisien perpindahan panas terkoreksi

h_i = Koefisien perpindahan panas dalam *tube*

ID = Diameter dalam *tube*

OD = Diameter luar *tube*

$$\begin{aligned} h_{io} &= 134,51 \frac{3,51}{4,22} \\ &= 111,82 \text{ kj/jam.m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Menghitung U_c ,

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} \quad (\text{Pers. 6.7, Kern, hal. 112})$$

Dimana:

U_c = *Clean Overall Coefficient*

h_{io} = Koefisien perpindahan panas terkoreksi

h_o = Koefisien perpindahan panas di *shell*

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{(111,82 \times 79,07)}{(111,82 + 79,07)} \\ &= 46,32 \text{ Kj/jam.m}^2.\text{K} \end{aligned}$$

Menghitung U_D ,

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C U_D} \quad (\text{Pers. 6.13, Kern, hal. 108})$$

$$U_D = \frac{1}{U_C} + R_D$$

Dimana:

$$U_D = \text{Dirty Overall Coefficient}$$

$$U_C = \text{Clean Overall Coefficient}$$

$$R_d = \text{Total Dirty Factor}$$

Dirty Factor di *shell* maupun di *tube*,

$$R_{D_o} = 0,001 \text{ jam.ft}^2 \cdot \text{°F/Btu} \quad (\text{Tabel 12, Kern, hal. 845})$$

$$R_{D_i} = 0,0005 \text{ jam.ft}^2 \cdot \text{°F/Btu} \quad (\text{Tabel 12, Kern, hal. 845})$$

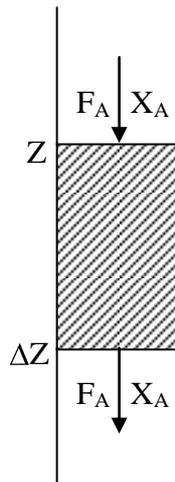
$$R_{D_{\text{total}}} = 0,0015 \text{ jam.ft}^2 \cdot \text{°F/Btu} \\ = 0,03 \text{ m}^2 \cdot \text{j.K/Kj}$$

$$U_D = \frac{1}{0,06} + 0,03 \\ = 18,06 \text{ kJ/jam.m}^2 \cdot \text{K}$$

8. Menghitung Tinggi Bed Reaktor dan Suhu Keluar Reaktor

- a. Menentukan persamaan profil perubahan konversi terhadap panjang reaktor

Jika ditinjau sebuah *tube* sepanjang reaktor, profil aliran gas dalam *tube* :



Asumsi keadaan reaktor dalam keadaan steady state maka laju akumulasi = 0.

laju input – laju output – laju reaksi = laju akumulasi

$$F_A|_Z - F_A|_{Z+\Delta Z} - (-r_A)\Delta W = 0 \quad (1)$$

dimana :

$$\Delta W = \Delta V_t \cdot \rho_B \cdot (1 - \varepsilon) \quad (2)$$

$$\Delta V_t = N_t \cdot A \cdot \Delta Z \quad (3)$$

$$A = D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \quad (4)$$

Dari ketiga persamaan diatas didapat persamaan sebagai berikut :

$$\Delta W = N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \Delta Z \cdot (1 - \varepsilon) \quad (5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5) pada persamaan (1) didapat persamaan sebagai berikut :

$$F_A|_Z - F_A|_{Z+\Delta Z} - (-r_A)N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \Delta Z (1-\varepsilon) = 0$$

$$\frac{F_A|_Z - F_A|_{Z+\Delta Z} - (-r_A)N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \Delta Z (1-\varepsilon)}{\Delta Z} = 0$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_A|_Z - F_A|_{Z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (-r_A)N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) (1-\varepsilon)$$

$$\frac{-dF_A}{dZ} = (-r_A)N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) (1-\varepsilon) \quad (6)$$

dimana :

$$F_A = F_{A0} (1 - X_A) \quad (7)$$

$$dF_A = dF_{A0} (1 - X_A)$$

$$dF_A = F_{A0} \cdot (-dX_A) \quad (8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (8) pada persamaan (6), didapat persamaan sebagai berikut :

$$\frac{F_{A0} \cdot dX_A}{dZ} = (-r_A)N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) (1-\varepsilon)$$

$$\frac{dX_A}{dZ} = \frac{(-r_A)N_t \cdot \rho_B \cdot D_{it}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) (1-\varepsilon)}{F_{A0}} \quad (9)$$

dimana :

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$C_{A0} = \frac{N_{A0}}{V} \cdot V \frac{NRT}{PT}$$

$$C_{A0} = \frac{N_{A0}PT}{NtRT}$$

$$C_{AO} = 1,440E-02 \left(\frac{1-0,95}{1} \right)$$

$$= 7,20E-04$$

$$r_A = k \times C_{AO} (1 - X_A)$$

$$r_A = k \left(\frac{N_{AO} P T}{N T x R T} \right)$$

b. Menentukan konstanta kecepatan reaksi

$$k = A e^{-E/RT}$$

$$k = 1,34E+132 \times \exp(-177494,18/571,89)$$

$$= 2,18E-03$$

F_{A0} = umpan ethylene = 360,25 kmol/jam

P = tekanan total = 1 atm

ID_t = diameter dalam tube = 1,50 in = 0,04 cm

ρ_B = massa jenis katalis = 1,57 gr/cm³

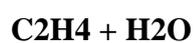
N_t = jumlah tube = 1035 tube

Z = panjang tube dihitung dari atas reaktor

X_A = konversi

ϵ = porositas katalis = 0,38

Reaksi pembentukan ethanol :



$$X_1 = X_A = 0,95$$

Komposisi umpan sebelum reaksi,

Komponen	Mol (kmol/jam)
CH ₄	32.36
C ₂ H ₄	224.34
C ₂ H ₆	6.43
C ₂ H ₂	2.42
C ₂ H ₅ OH	136.65
H ₂ O	7.15

b. Menentukan persamaan profil perubahan suhu terhadap panjang reaktor

Reaktor *fixed bed multi tube* menyerupai alat penukar panas dimana umpan masuk ke dalam *tube* yang berisi katalis dan media pendingin mengalir di *shell*.

Untuk keadaan *steady state*,

panas masuk + panas yang dihasilkan = panas keluar

$$H_{in} - H_{out} + Q = 0$$

jika :

$$\Delta Q = U (T - T_s) \Delta A \quad (11)$$

$$\Delta H = \Sigma (F_i \cdot C_{p_i}) \Delta T - (\Delta H_{rT}) F_{A0} \cdot \Delta X_A \quad (12)$$

$$\Delta A = \pi \cdot D_{ot} \cdot N_i \cdot \Delta Z \quad (13)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (11), (12), dan (13) ke dalam persamaan (10) didapat persamaan sebagai berikut :

$$\left[\sum C_{p_i} \Delta T - \Delta H_{rT} F_{A0} \Delta X \right] - \left[\sum C_{p_i} \Delta T - \Delta H_{rT} F_{A0} \Delta X \right]_{z+\Delta z} + U (-T_s) \Delta A = 0$$

$$\left[\sum C_{p_i} \Delta T \right] - \left[\sum C_{p_i} \Delta T \right]_{z+\Delta z} - \left[\Delta H_{rT} F_{A0} \Delta X \right] + \left[\Delta H_{rT} F_{A0} \Delta X \right]_{z+\Delta z} + U (-T_s) \Delta A = 0$$

$$\left[\sum C_{p_i} \Delta T \right] - \left[\sum C_{p_i} \Delta T \right]_{z+\Delta z} = \left[\Delta H_{rT} F_{A0} \Delta X \right] - \left[\Delta H_{rT} F_{A0} \Delta X \right]_{z+\Delta z} - U (-T_s) \Delta A$$

Persamaan di atas dibagi dengan ΔZ , kemudian dilimitkan dengan

$\Delta Z \rightarrow 0$ sehingga diperoleh persamaan :

$$\frac{\sum C_{p_i} dT}{dZ} = \Delta H_{rT} F_{A0} \frac{dX_A}{dZ} + U (-T_s) \pi \cdot D_{or} \cdot N_t$$

Untuk semua tube :

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{\Delta H_{rT} F_{A0} \frac{dX_A}{dZ} + U (-T_s) \pi \cdot D_{or} \cdot N_t}{\sum C_{p_i}}$$

dimana :

$$\Delta H_r = \Delta H_{f, 298}^o + \Delta H_{548} = \Delta H_{f, 298}^o + \sum \Delta H_{produk(48)} - \Delta H_{reaktan(48)}$$

Dari neraca panas reaktor :

$$\Delta H_{f, 298}^o = -11118,28 \text{ kkal/kmol}$$

$$\Delta H_r = \Delta H_{298} + \Delta H_{Produk} + \Delta H_{reaktan}$$

$$= -10803,93 \text{ kkal/jam}$$

dengan

Z = tebal tumpukan katalis

F_{A0} = laju aliran = 360,25 kmol/jam

Ud = koefisien perpindahan panas *overall* = 18,06 KJ/ jam $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$

T = suhu reaktor

T_s = suhu pendingin

OD_t = diameter luar *tube* = 1,38 in = 0,04 cm

N_t = jumlah *tube* dalam reaktor = 1035 *tube*

- c. Menentukan persamaan profil perubahan temperatur pendingin terhadap panjang reaktor

Untuk keadaan *steady state*,

$$W_s \cdot Cp_s \cdot \Delta T_s|_z - W_s \cdot Cp_s \cdot \Delta T_s|_{z+\Delta z} + U \pi \cdot D_{ot} \cdot N_t \cdot \Delta Z = 0$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{W_s \cdot Cp_s \cdot \Delta T_s|_z - W_s \cdot Cp_s \cdot \Delta T_s|_{z+\Delta z}}{\Delta Z} = -U \pi \cdot D_{ot} \cdot N_t$$

$$\frac{dT_s}{dZ} = \frac{U \pi \cdot D_{ot} \cdot N_t}{W_s \cdot Cp_s}$$

dimana :

W_s = jumlah pendingin = 31257,37 gr/dtk

Cp_s = kapasitas panas pendingin = 0,23 kal/gr.K

Ud = koefisien perpindahan panas *overall* = 18,06 Kj/ jam $m^2 \cdot ^\circ K$

OD_t = diameter luar *tube* = 1,38 in = 0,04 cm

N_t = jumlah *tube* dalam reaktor = 1035 *tube*

T = suhu reaktor

T_s = suhu pendingin

Z = tebal tumpukan katalis

Menentukan panjang *tube* dengan menggunakan persamaan-persamaan dibawah ini :

$$1. \frac{dX_A}{dZ} = \frac{r_A N_t \rho_B IDt^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) (-\varepsilon)}{F_{A0}}$$

$$2. \frac{dT}{dZ} = \frac{H_R F_{A0} \frac{dX_A}{dZ} + Ud \cdot \pi \cdot IDt \cdot N_t (-T_s)}{\sum F_i \cdot Cp_i}$$

$$3. \frac{dT_s}{dZ} = \frac{Ud (-T_s) \pi \cdot D \cdot N_t}{W_s \cdot Cp_s}$$

$$4. \frac{dp}{dZ} = \frac{G}{\rho \cdot g \cdot Dp} (-\varepsilon) \frac{150 (-\varepsilon) \pi}{DP} + 1,75G$$

Dengan menggunakan metode Runge Kutta, persamaan – persamaan di atas dapat diselesaikan dengan hasil sebagai berikut :

z	X	TG	TC	P
0.00	0.000	571.89	350.00	1.00
0.10	0.093	571.90	350.01	1.00
0.20	0.171	571.90	350.02	1.00
0.30	0.237	571.93	350.03	1.00
0.40	0.295	571.96	350.04	1.00
0.50	0.345	571.99	350.05	1.00
0.60	0.389	572.02	350.06	1.00
0.7	0.429	572.05	350.07	1.00
0.8	0.464	572.08	350.08	1.00
0.9	0.496	572.11	350.09	1.00
1	0.524	572.14	350.10	1.00
1.1	0.550	572.17	350.11	1.00
1.2	0.574	572.20	350.12	1.00
1.3	0.596	572.23	350.13	1.00
1.4	0.615	572.26	350.14	1.00
1.5	0.634	572.29	350.15	1.00
1.6	0.651	572.32	350.16	1.00
1.7	0.666	572.35	350.17	1.00
1.8	0.681	572.38	350.18	1.00
1.9	0.694	572.41	350.19	1.00
2	0.707	572.44	350.20	1.00

2.1	0.719	572.47	350.21	1.00
2.2	0.730	572.50	350.22	1.00
2.3	0.740	572.53	350.23	1.00
2.4	0.750	572.56	350.24	1.00
2.5	0.759	572.59	350.25	1.00
2.6	0.768	572.62	350.26	1.00
2.7	0.776	572.64	350.27	1.00
2.8	0.784	572.67	350.28	1.00
2.9	0.792	572.70	350.29	1.00
3	0.799	572.73	350.30	1.00
3.1	0.805	572.76	350.31	1.00
3.2	0.812	572.79	350.32	1.00
3.3	0.818	572.82	350.33	1.00
3.4	0.823	572.85	350.34	1.00
3.5	0.829	572.88	350.35	1.00
3.6	0.834	572.91	350.36	1.00
3.7	0.839	572.94	350.37	1.00
3.8	0.844	572.97	350.38	1.00
3.9	0.848	573.00	350.39	1.00
4	0.853	573.03	350.40	1.00
4.1	0.857	573.06	350.41	1.00
4.2	0.861	573.08	350.42	1.00
4.3	0.865	573.11	350.43	1.00
4.4	0.868	573.14	350.44	1.00
4.5	0.872	573.17	350.45	1.00
4.6	0.875	573.20	350.46	1.00
4.7	0.879	573.23	350.47	1.00
4.8	0.882	573.26	350.48	1.00
4.9	0.885	573.29	350.49	1.00
5	0.888	573.32	350.50	1.00
5.1	0.891	573.35	350.51	1.00
5.2	0.894	573.38	350.52	1.00
5.3	0.896	573.41	350.53	1.00
5.4	0.899	573.44	350.54	1.00
5.5	0.901	573.46	350.55	1.00
5.6	0.904	573.49	350.56	1.00
5.7	0.906	573.52	350.57	1.00
5.8	0.908	573.55	350.58	1.00
5.9	0.910	573.58	350.59	1.00
6	0.913	573.61	350.60	1.00
6.1	0.915	573.64	350.61	1.00
6.2	0.917	573.67	350.62	1.00
6.3	0.919	573.70	350.63	1.00

6.4	0.920	573.73	350.64	1.00
6.5	0.922	573.76	350.65	1.00
6.6	0.924	573.79	350.66	1.00
6.7	0.926	573.82	350.67	1.00
6.8	0.927	573.84	350.68	1.00
6.9	0.929	573.87	350.69	1.00
7	0.930	573.90	350.70	1.00
7.1	0.932	573.93	350.71	1.00
7.2	0.933	573.96	350.72	1.00
7.3	0.935	573.99	350.73	1.00
7.4	0.936	574.02	350.74	1.00
7.5	0.938	574.05	350.75	1.00
7.6	0.939	574.08	350.76	1.00
7.7	0.940	574.11	350.77	1.00
7.8	0.942	574.14	350.78	1.00
7.9	0.943	574.17	350.79	1.00
8	0.944	574.20	350.80	1.00
8.1	0.945	574.22	350.81	1.00

Dari perhitungan di atas, diperoleh :

$$Z = 8,1 \text{ m}$$

$$X = 0,95$$

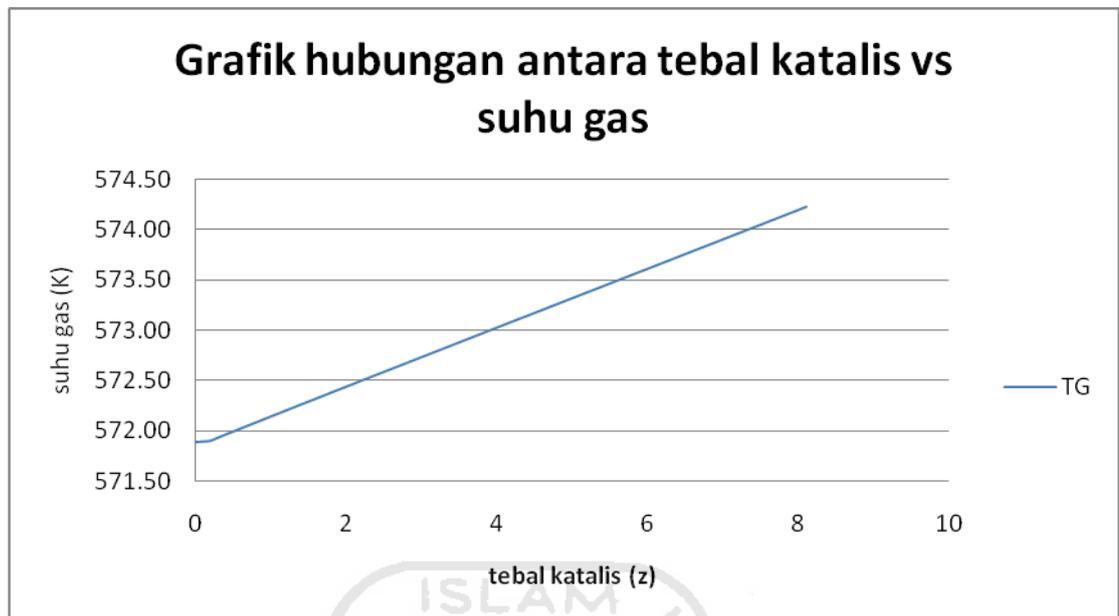
$$TG \text{ in} = 571,89 \text{ K} = 298,89 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$TG \text{ Out} = 574,22 \text{ K} = 301,07 \text{ }^\circ\text{C}$$

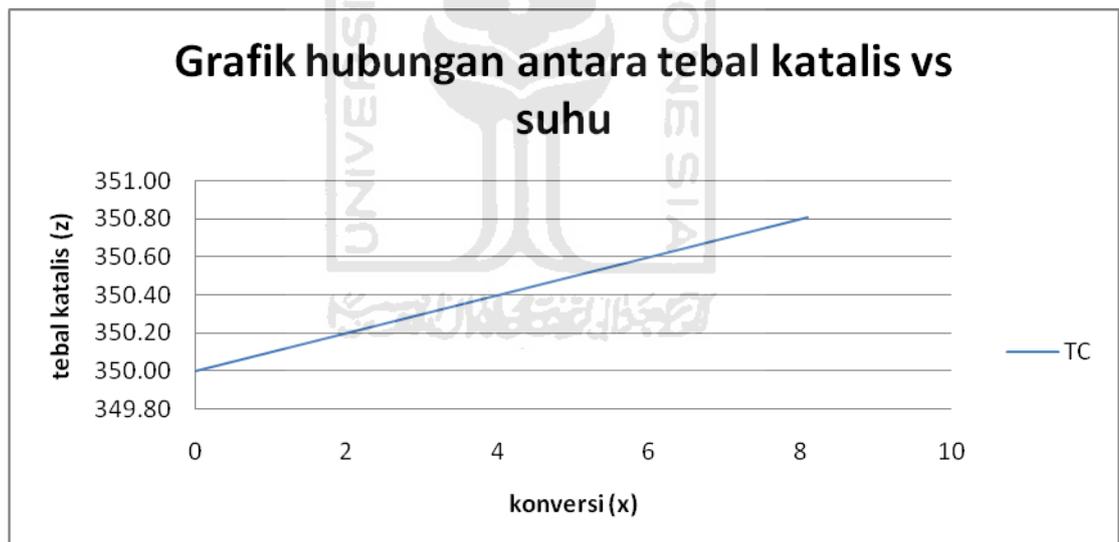
$$TC \text{ in} = 350 \text{ K} = 77 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Tc \text{ Out} = 350,81 \text{ K} = 77,66 \text{ }^\circ\text{C}$$

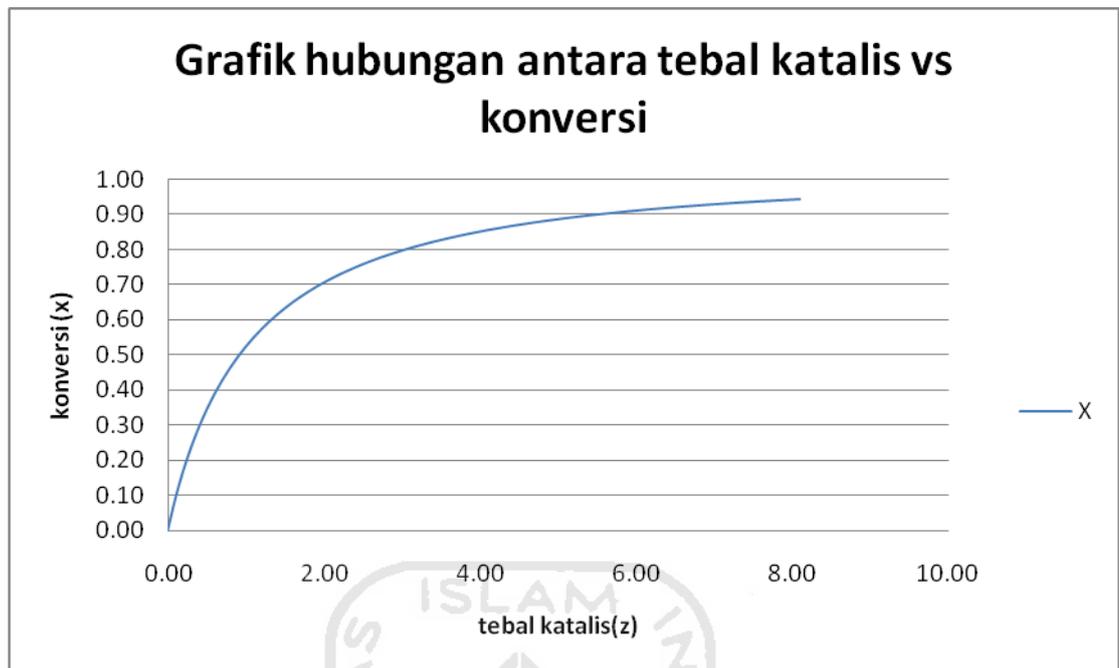
dengan grafik sebagai berikut :



Gambar. Grafik hubungan antara tebal katalis dan suhu gas



Gambar. Grafik hubungan antara tebal katalis dan suhu pendingin



Gambar. Grafik hubungan antara tebal katalis dan konversi

8. Menghitung Berat Katalis dan Volume Katalis

$$w = \rho_B \cdot N_t \cdot \pi/4 \cdot (ID)^2 \cdot Z \cdot (1-\varepsilon)$$

Dimana:

w = Berat katalis

$$\rho_B = \text{Massa jenis } \textit{bulk} = 1,57 \text{ g/cm}^3$$

$$N_t = \text{Jumlah } \textit{tube} = 1035 \text{ buah}$$

$$ID = \text{Diameter dalam } \textit{tube} = 3,51 \text{ c m}$$

$$Z = \text{panjang } \textit{tube} = 8,10 \text{ m} = 810 \text{ Cm}$$

$$\varepsilon = 0,38$$

$$w = (1,57)(1035)(3,14/4)(3,51)^2 \cdot 810(1-0,38)$$

$$= 7890731,82 \text{ gr}$$

$$= 7890,73 \text{ kg}$$

9. Menghitung Volume Bed

$$\begin{aligned} \text{Volume katalis} &= \frac{w}{\rho_B} = \frac{17890731,8}{1,57} \\ &= 5013171,42 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bed} &= \frac{\text{vol. katalis}}{1 - \epsilon} = \frac{5013171,42}{1 - 0,38} \\ &= 8085760,36 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

10. Menghitung Residence Time

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{V_t}{V_g} \\ &= \frac{187100,36}{1824596,02} \\ &= 0,10 \text{ detik} \end{aligned}$$



11. Menghitung dinding reaktor

- a. Menentukan koefisien perpindahan panas konveksi (hc)

$$hc = 0,27 \times (\Delta T)^{0,25}$$

- b. Menentukan koefisien panas secara radiasi (hr)

$$hr = 0,1713x$$

Dimana :

$$ts = \text{Tebal shell}$$

- P = Tekanan desain
 r = Radius silinder
 f = Tegangan maksimum yang diijinkan
 E = Efisiensi pengelasan maksimum
 C = Faktor korosi

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA 283*

Grade C dengan karakteristik sebagai berikut :

$$f = 12650 \text{ psi} = 860,7819 \text{ atm} \quad (\text{Peters, 1960})$$

$$E = 0,80 \quad (\text{Peters, 1960})$$

$$r = 28,1852 \text{ inch} = 71,5904 \text{ cm}$$

$$C = 0,125 \text{ inch}$$

$$P \text{ desain} = 17,64 \text{ psi}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 20\%$$

$$\text{Tekanan perancangan} = 1,20 \text{ atm}$$

$$t_s = \frac{17,64(35,06)}{(12650)(0,80) - (0,6)(0,44)} + 0,13$$

$$= 0,19 \text{ in}$$

Digunakan tebal *shell* standar = 3/16 in (Tabel 5.7, *Brownell & Young*, hal. 89)

$$= 0,48 \text{ cm}$$

12. Menghitung Diameter Luar *Shell*

Direncanakan, bentuk *head* yang digunakan adalah *torispherical*.

Bahan konstruksi = bahan *shell*

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= \text{ID} + 2.t_s \\
 &= 70,12 + 2(0,19) \\
 &= 70,49 \text{ in} \\
 &= 179,04 \text{ cm} \\
 &= 1,79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung tebal *head* digunakan rumus :

$$t_h = \frac{P \text{ ID}_s}{2 f E - 0,2 P} + C \quad (\text{Pers. 13.10, } Brownell \ \& \ Young, \ \text{hal. 256})$$

Dimana:

t_h = Tebal *head*

P = Tekanan perancangan = 17,64 psi

f = Tegangan maksimum yang diijinkan = 12650 psi =
860,7819 atm

E = Efisiensi pengelasan maksimum = 0,80

C = Faktor korosi = 0,13

r = Radius silinder = 28,1852 inch =

71,5904 cm

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{(17,64)(70,12)}{(2)(12650)(0,80) - (0,2)(17,64)} + 0,13 \\
 &= 0,19 \text{ in} \\
 &= 0,48 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tebal *head* standar 3/16 in = 0,48 cm (Tabel 5.6 , *Brownell & Young*, hal. 88)

$$= 13,20 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head} = th + b + sf$$

$$= 0,19 + 13,20 + 2$$

$$= 15,39 \text{ in} = 39,09 \text{ cm}$$

14. Menghitung Tinggi Reaktor

$$\text{Tinggi reaktor} = \text{Panjang tube} + 2 \times \text{tinggi head}$$

$$= 318,90 + 2 \times (15,39)$$

$$= 349,67 \text{ in}$$

$$= 8,88 \text{ m}$$

15. Menghitung Volume Reaktor

$$\text{a. Volume head (VH)} = 0.000049 \text{ IDs}^3 \quad (\text{Eq 5.11, P.88, Brownell, 1959})$$

$$= 16,89 \text{ ft}^3$$

$$= 0,48 \text{ m}^3$$

$$\pi/4 \cdot (\text{IDs})^2 \cdot Z$$

$$\text{b. Volume shell (VS)} =$$

$$= 1230683,70 \text{ in}^3$$

$$= 20,17 \text{ m}^3$$

$$\text{c. Volume Reaktor (VR) = Volume shell} + (2 \times \text{Volume}$$

$$= \text{head})$$

$$= 21,12 \text{ m}^3$$

$$= 5580,34 \text{ gall}$$

16. Spesifikasi Nozzle

a. Diameter saluran gas umpan

$$D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37} \quad (\text{coulson and Richarson vol.6, 1983,}$$

P.211, eq 5.14)

$$G = \text{Umpan masuk} = 3,75 \text{ kg/s}$$

$$P = \text{Densitas gas umpan cam} = 1,05 \text{ kg/s}$$

$$D_{opt} = 293 \times 3,75^{0,53} \times 1,05^{-0,37}$$

$$= 505,08 \text{ mm}$$

$$= 19,88 \text{ in}$$

Dari (tabel. 11, P.844, Kern, 1980), dipilih ukuran standar (Sch 20+)

$$ID = 21,25 \text{ in}$$

$$OD = 22 \text{ in}$$

b. Diameter saluran gas keluar reaktor

$$D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37} \quad (\text{coulson and Richarson vol.6, 1983,}$$

P.211, eq 5.14)

$$G = \text{Umpan masuk} = 3,75 \text{ kg/s}$$

$$P = \text{Densitas gas umpan cam} = 110,23 \text{ kg/s}$$

$$D_{opt} = 293 \times 3,75^{0,53} \times 110,23^{-0,37}$$

$$= 579,44 \text{ mm}$$

$$= 22,81 \text{ in}$$

Dari (tabel. 11, P.844, Kern, 1980), dipilih ukuran standar (Sch 20+)

$$ID = 19,25 \text{ in}$$

$$OD = 20 \text{ in}$$

c. Diameter pendingin masuk dan keluar reaktor

$$D_{opt} = 75Wm^{0,5} \rho^{-0,35}$$

$$Wm = \text{Kec aliran pendingin} = 31,26 \text{ kg/s}$$

$$P = \text{Densitas pendingin} = 1,02 \text{ kg/s}$$

$$D_{opt} = 75 \times 31,26^{0,5} \times 1,02^{-0,35}$$

$$= 37,05 \text{ mm}$$

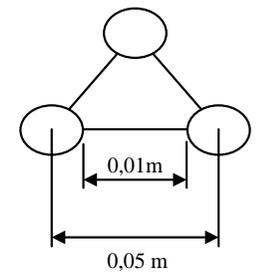
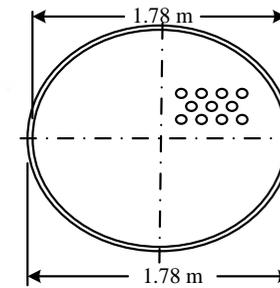
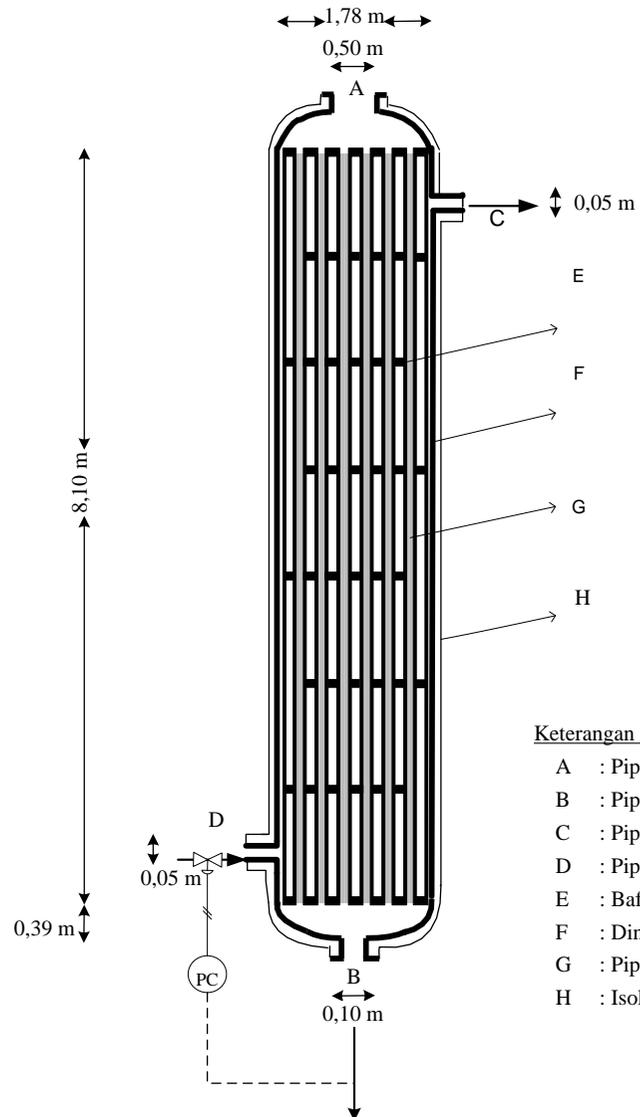
$$= 1,90 \text{ in}$$

Dari (tabel. 11, P.844, Kern, 1980), dipilih ukuran standar (Sch 40)

$$ID = 1,38 \text{ in}$$

$$OD = 1,66 \text{ in}$$

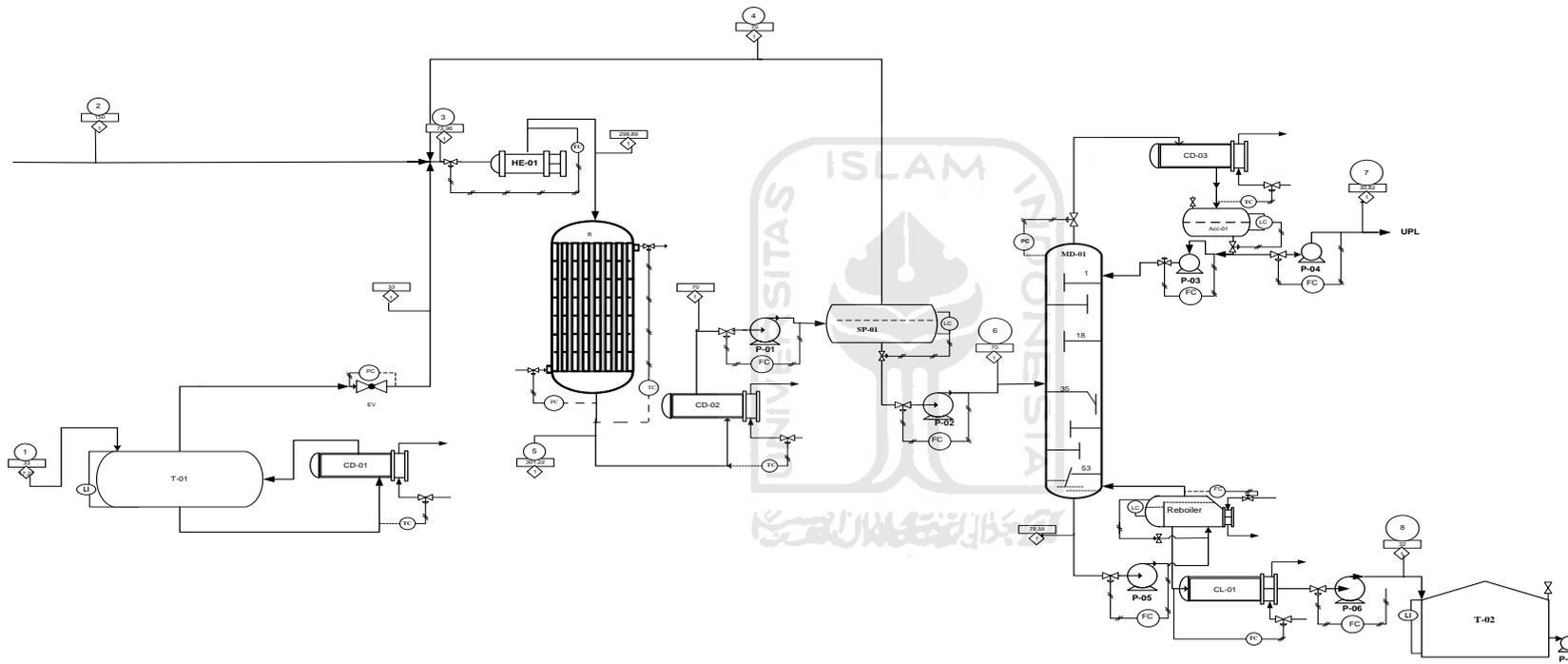
Ringkasan Reaktor (R-01):	
Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi antara Ethylene dan air (<i>steam</i>) menjadi Ethanol
Tipe	<i>Fixed bed multi tube</i>
Jumlah	1 buah
Berat katalis	7890,73 kg
Waktu tinggal	0,10 detik
Tinggi reaktor	8,10 m
Kondisi	Non Isotermal, non Adiabatis Tekanan = 1 atm Suhu masuk = 571,89°K Suhu keluar = 574,22°K Fase = Gas
Spesifikasi <i>tube</i>	Jumlah <i>tube</i> = 1035 buah Panjang = 2,08 m OD = 1,38 inch ID = 1,50 inch
Spesifikasi <i>shell</i>	ID = 70,22 inch Des = 1,20 inch



Keterangan :

- A : Pipa pemasukan umpan gas
- B : Pipa pengeluaran gas
- C : Pipa pemasukan dowterm
- D : Pipa pengeluaran dowterm
- E : Baffle
- F : Dinding reaktor
- G : Pipa berisi katalisator
- H : Isolasi

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ETHANOL DARI ETHYLENE DAN AIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



KOMPONEN	Nomor Arus (kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
CH_4	39.43	0.00	519.09	479.66	519.09	39.43	39.43	0.00
C_2H_4	6688.34	0.00	10106.48	3418.14	6293.68	2875.54	2875.54	0.00
C_2H_6	110.86	0.00	193.46	82.60	193.46	110.86	110.86	0.00
C_2H_2	32.00	0.00	63.09	31.10	63.09	32.00	31.68	0.32
C_2H_5OH	0.00	0.00	33.93	33.93	6295.14	6261.20	62.61	6198.59
H_2O	0.00	2576.97	2577.27	0.30	128.86	128.56	12.86	115.70
Total	6870.63	2576.97	13493.32	4045.73	13493.32	9447.59	3132.98	6314.61

ALAT	KETERANGAN
Acc	Accumulator
CD	Condenser
CL	Cooler
HE	Heat Exchanger
MD	Membra Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
T	Tangki
SP	Separator

SYMBOL	KETERANGAN
○	Flow Controller
□	Level Controller
◇	Level Indicator
○	Pressure Controller
○	Temperature Controller
○	Nomor Arus
○	Suhu, °C
○	Tekanan, atm
○	Control Valve
○	Electric Connection
—	Piping
—	Udara tekan
⊥	Vent

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

PROCESS FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ETHANOL DARI
ETHYLENE DAN AIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Dikerjakan oleh :
SEPTIANING DWI NUR K (065 210 07)
ENNDITA NUGRAHANI (065 210 09)

Dosen Pembimbing :
 Drs.Ir. Fisal RM, MSc., Ph.D
 Dyah Retno Sawitri ST.