

**PERANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Janita Dewi Norajsha

Nama : Haidar

No. Mahasiswa : 12521034

No. Mahasiswa : 12521163

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

**PERANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Janita Dewi Norajsha

Nama : Haidar

No. Mahasiswa : 12521034

No. Mahasiswa : 12521163

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Janita Dewi Norajsha

No. Mahasiswa : 12521034

Nama : Haidar

No. Mahasiswa : 12521163

Yogyakarta, 5 September 2016

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

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



Janita Dewi Norajsha

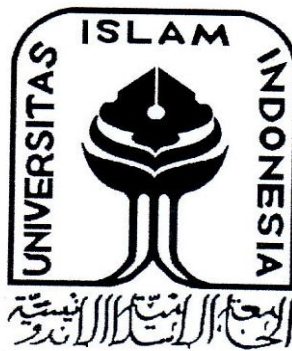


Haidar

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILEN DAN AIR DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Janita Dewi Norajsha

Nama : Haidar

No. Mahasiswa : 12521034

No. Mahasiswa : 12521163

Yogyakarta, 5 September 2016

Pembimbing,

Dr. Ir. Farham HM. Saleh, MSIE.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PERANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Janita Dewi Norajsha

Nama : Haidar

No. Mahasiswa : 12521034

No. Mahasiswa : 12521163

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 5 September 2016

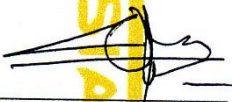
Tim Penguji,

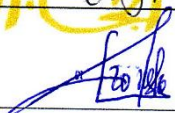
Farham HM. Saleh, Dr., Ir., MSIE.
Ketua

Tintin Mutiara, ST., M.Eng.
Anggota I

Lilis Kistriyani, ST., M.Eng.
Anggota II







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



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



KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILEN DAN AIR DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Drs. Faisal RM, MSIE., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Dr. Ir. Farham HM Saleh, MSIE., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua, keluarga, sahabat, serta seluruh teman-teman Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia angkatan 2012. Kami ucapkan terimakasih atas dukungan dan doanya.
6. Semua pihak yang telah membantu penyusun hingga terselesaikannya laporan ini.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.,Wb.

Yogyakarta, 14 Agustus 2016

Penyusun

MOTTO HAIDAR

Sesungguhnya orang-orang yang beriman dan berkarya baik, mereka

itu adalah sebaik-baiknya makhluk

(Al Barriyyah : 7)

Janganlah terlalu mebebani jiwamu dengan kesungguhan hati

Hiburilah dirimu dengan hal-hal yang ringan dan lucu sebab,

bila hati terus dipaksakan dengan memikul beban-beban yang

berat, ia akan menjadi buta

(HR. Abu Dawud)

Langkah awal yang sangat diperlukan untuk mendapatkan apa

yang kita inginkan dalam hidup ini, adalah

memutuskan apa yang kita inginkan

(Ben Stein)

MOTTO JANITA

“Anggaplah apa yang Anda inginkan sudah menjadi milik Anda. Ketahuilah bahwa keinginan Anda akan datang kepada Anda pada saat diperlukan. Kemudian biarkan datang. Jangan mengeluhkan atau mengkhawatirkannya. Jangan memikirkan ketiadaannya. Pikirkan keinginan Anda sebagai milik Anda, sebagai benda milik Anda, sebagai harta Anda. (Robert Collier)

Syukur adalah jalan yang mutlak untuk mendatangkan lebih banyak kebaikan ke dalam hidup Anda. (Marci Shimoff)

Apa pun yang kita pikirkan dan syukuri, kita akan mendapatkannya lagi. (Dr. John Demartini)

Kita selalu mampu mengubah kesedihan dan kekhawatiran menjadi kebahagiaan dan kebersamaan. (Ponpes Kramat)

If you don't think about your future, you can't have one. (John Galsworthy)

If you do nothing, you get nothing. (Dama)

Segala sesuatu yang membuat Anda merasa senang selalu akan menarik lebih banyak kesenangan. (Dr. John Gray)

Anda telah tiba pada titik hidup ini, hanya karena sesuatu di dalam diri Anda terus berkata, “Anda berhak untuk bahagia.” Anda dilahirkan untuk menambah sesuatu, menambah nilai ke dunia ini. Untuk sekadar menjadi sesuatu, yang lebih besar dan lebih baik daripada diri Anda kemarin. (Lisa Nichols)

Jika Anda merasa baik, Anda menciptakan sebuah masa depan yang selaras dengan hasrat Anda. Jika Anda merasa buruk, Anda menciptakan sebuah masa depan yang tidak selaras dengan hasrat Anda. Ketika Anda menjalani hidup sehari-hari, hukum tarikmenarik bekerja di setiap detik. Segala sesuatu yang kita pikir dan rasa sedang menciptakan masa depan kita. Jika Anda khawatir atau takut, Anda sedang mendatangkan lebih banyak kekhawatiran dan ketakutan ke dalam hidup Anda di sepanjang hari. (Marci Shimoff)

Biarkan orang lain mengatakan sulit, namun katakan pada diri anda bahwa itu “mungkin” dan segera tercapai. Tidak ada hal besar yang terjadi tanpa usaha yang berawal dari semangat dalam mewujudkan “kemungkinan”. (Janita)

Tetaplah kerjakan skripsimu walau sedikit demi sedikit. Hindari kata “menunda” selagi tidak ada yang mendesak. Karena penundaan mengundang penundaan lainnya untuk masa depanmu. (Janita)

Hidup itu hampa karena tidak ada target, hal yang ditunggu, dan harapan. (Janita)

PERSEMBAHAN HAIDAR

Seringkali hanya kata yang berbicara tanpa wujud.

namun kali ini, semoga semuanya telah nyata.

Sebagai tanda cinta kasih dan baktiku.

Kupersembahkan karya tulis sederhana ini untuk.

*Kedua orang tuaku yang senantiasa mendoakan, memberi segala dukungan, doa
dan cintanya*

Kakak-Adikku tercinta, terima kasih atas doa, dukungan dan cintanya

*Teman-Temanku Semuanya yang selalu sabar menemaniku dan memberi motivasi
serta dorongan buatku*

PERSEMBAHAN JANITA

Bismillahirrohmanirrohim

Lantunan *Al-fatihah* beriring *Shalawat* dalam hati, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira, terima kasihku pada-Mu Ya Allah serta junjungan Nabi Besar Muhammad SAW. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Ayahanda (Akhmad Jailani) dan Ibundaku (Sri Herlini) tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, ketenangan, motivasi, dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada dihadapanku. Ayah, Ibu terimalah karya kecil ini sebagai tanda keseriusanku untuk mewujudkan harapan-harapan yang kalian impikan.

Dalam sholat di lima waktu seraya aku berdo'a " *Ya Allah Ya Rahman Ya Rahim. Terimakasih Engkau telah menempatkan hamba diantara kedua malaikat tanpa sayap yang setiap waktu ikhlas membesarkan, menjaga, mendidik, membimbing hamba dengan teramat sangat baik, Ya Allah berikanlah balasan Surga Firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka dari panasnya api neraka-Mu.* "

Kepada adikku tersayang, Muhammad Ridho Aulia. Terima kasih telah hadir didunia ini sehingga aku memiliki saudara kandung dan membuatku termotivasi untuk menjadi contoh kakak yang baik untukmu.

Kepada keluarga besarku terutama kakek nenek yang selalu ku rindukan hadir dalam mimpi, juga wanita-wanita luar biasaku yang sudah memberi contoh bahwa ibu rumah tangga yang juga menjadi wanita karir itu banyak kelebihanannya.

Kepada sahabat-sahabatku TP (Mahda, Niken, Chelsia), CR (Anita, Ana, Nuril), Ponpes Kramat (Farida, Delvia, Bintang, Bimar, Rizal, Adil, Andre), KKN Unit-79 (Ayu, Anjar, Ghina, Ades, Hendro, Sohib, Asa), teman-teman senasib sepenanggungan exchange students Chulalongkorn University, Bangkok (Bagas, Arighi, Lintang, Bagus, Vivin, Ida, Kiki, Haidar, Teguh dan kakak kami terbaik selama disana yaitu ka Yoski), Dama, Irmir, ka Putra, Mac Arif, ka Adit, ka Anggi, ka Nessa, Ka Eno, Ka Aci, Ka Denok, Ibu dan Bapak kos A6, teman-teman Teknik Kimia 2012, serta teman-teman Teknik Kimia FTI UII seluruh angkatan.

Serta kepada semua pihak yang sudah membantu selama penyelesaian Tugas Akhir ini. Terima kasih sebesar-besarnya untuk kalian semua.

Alhamdulillah...Alhamdulillah...Alhamdulillahirobbil'alamin..

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan	ii
Halaman Pengesahan Pembimbing.....	iii
Halaman Pengesahan Penguji	iv
Kata Pengantar	v
MOTTO	vii
Halaman Persembahan	viii
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xvi
Abstrak	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	8
1.3 Pemilihan Proses	15
 BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Spesifikasi Produk	16
2.1.1 Produk (etanol)	16
2.2 Spesifikasi Bahan	16
2.2.1 Bahan Baku.....	16
2.2.2 Bahan Pembantu	18

2.3 Pengendalian Kualitas	18
BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1 Uraian Proses.....	20
3.1.1 Persiapan Bahan Baku	20
3.1.2 Reaksi Dalam Reaktor	21
3.1.3 Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	21
3.2 Metode Penentuan Perancangan.....	22
3.2.1 Penentuan Neraca Massa	23
3.2.2 Neraca Panas	25
3.2.3 Spesifikasi Alat	27
3.3 Perencanaan Produksi.....	50
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	
4.1 Lokasi Pabrik.....	52
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	52
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	55
4.2 Tata Letak Pabrik	56
4.3 Tata Letak Alat Proses	62
4.4 Alir Proses dan Material.....	65
4.5 Perawatan	67
4.6 Utilitas	69
4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	69
4.6.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	77
4.6.3 Unit Pembangkit Listrik.....	78

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan	79
4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar	79
4.6.6 Spesifikasi Alat-alat Utilitas	80
4.7 Laboratorium	101
4.8 Organisasi Perusahaan.....	103
4.8.1 Bentuk Organisasi Perusahaan.....	103
4.8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	104
4.8.3 Tugas dan Wewenang	107
4.8.4 Status Karyawan	114
4.8.5 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	126
4.8.6 Manajemen Produksi	128
4.9 Evaluasi Ekonomi.....	131
BAB V PENUTUP.....	151
DAFTAR PUSTAKA.....	xix
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perkembangan impor etanol di Indonesia	2
Tabel 1.2	Perkembangan ekspor etanol Indonesia	3
Tabel 3.1	Neraca massa reaktor (R)	23
Tabel 3.2	Neraca massa separator (SP)	23
Tabel 3.3	Neraca massa menara distilasi (MD)	24
Tabel 3.4	Neraca massa adsorber (AD 01/02).....	24
Tabel 3.5	Neraca panas Reaktor (R)	25
Tabel 3.6	Neraca panas Menara distilasi (MD).....	25
Tabel 4.1	Perincian luas tanah bangunan pabrik	59
Tabel 4.2	Kebutuhan air pendingin	74
Tabel 4.3	Kebutuhan <i>Steam</i>	75
Tabel 4.4	Kebutuhan Air Untuk Perkantoran dan Rumah Tangga	76
Tabel 4.5	Jadwal kerja <i>shift</i> tiap regu	116
Tabel 4.6	Jabatan dan keahlian	117
Tabel 4.7	Perincian jumlah karyawan alat proses	119
Tabel 4.8	Jumlah karyawan.....	120
Tabel 4.9	Penggolongan gaji menurut jabatan	123
Tabel 4.10	Harga Indeks.....	132
Tabel 4.11	Harga Indeks pada Tahun Perancangan	133
Tabel 4.12	Physical Plant Cost.....	140
Tabel 4.13	Direct Plant Cost (DPC).....	141

Tabel 4.14 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	141
Tabel 4.15 Direct Manufacturing Cost (DMC)	142
Tabel 4.16 Indirect Manufacturing Cost (IMC)	142
Tabel 4.17 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	143
Tabel 4.18 Total Manufacturing Cost (MC)	143
Tabel 4.19 Working Capital (WC)	143
Tabel 4.20 General Expense (GE)	144
Tabel 4.21 Total biaya produksi	144
Tabel 4.22 Fixed cost (Fa)	145
Tabel 4.23 Variable cost (Va)	145
Tabel 4.24 Regulated cost (Ra)	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik konsumsi etanol dunia dan prediksi kebutuhan di tahun berikutnya	4
Gambar 4.1	Tata Letak Pabrik Etanol	58
Gambar 4.2	Tata Letak Alat Proses Pabrik Etanol.....	63
Gambar 4.3	Indeks harga alat.....	133
Gambar 4.4	Grafik hubungan % kapasitas VS Miliar rupiah.....	149

ABSTRAK

Etanol merupakan senyawa turunan etilen dengan ikatan rangkap dari etilen yang dipecah dan satu H^+ diganti dengan gugus OH^- . Untuk membentuk etanol dari etilen dan air digunakan asam fosfat (H_3PO_4) sebagai katalis di dalam reaktor fixed bed multitube. Etanol diproduksi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dengan kemurnian etanol 98 %. Bahan baku etilen yang digunakan selama pabrik beroperasi 330 hari dalam setahun sebanyak 20.285,42 ton/tahun, sedangkan air sebesar 26.081,19 ton/tahun. Pembuatan etanol ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu tahap persiapan bahan baku, mempersiapkan etilen dan air menjadi gas umpan reaktor dengan suhu 500 K dan tekanan 10 atm. Tahapan proses selanjutnya adalah reaksi di dalam reaktor pada suhu umpan 500 K dan tekanan 10 atm dan bersifat eksotermis sehingga diperlukan media pendingin, dan yang digunakan adalah *Dowtherm A*. Tahap selanjutnya adalah pemurnian produk keluar reaktor agar diperoleh produk akhir minimum 98 %. Air yang dibutuhkan pabrik ini sebanyak 74.610,3 kg/jam, bahan bakar yang berupa *residual fuel oil* sebanyak 129,2 liter/jam. Dan kebutuhan listrik sebesar 112 kWh. Dari hasil evaluasi ekonomi, *Break Even Point* (BEP) sebesar 47,77 % kapasitas, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 35,86 % kapasitas, dan *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 18,70 %. Dari hasil evaluasi ini dapat diketahui bahwa pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

ABSTRACT

Ethanol is derived from ethylene compound with a double bond of ethylene were broken and one H^+ replaced by an OH^- . Producing ethanol from ethylene and water use phosphoric acid (H_3PO_4) as a catalyst and operated in a fixed bed multitube reactor. Ethanol will be produced with a capacity of 30,000 tons/year with a purity of 98% ethanol. Ethylene raw material used for the plant operates in 330 days a year as much as 20,285.42 tons/year, while the water of 26,081.19 tons/year. Making ethanol consists of three main stages, there are preparation stage of raw materials, preparation of ethylene and water into the reactor feed gas with a temperature of 500 K and a pressure of 10 atm. The next stage of the process is the reaction in the reactor at the feed temperature of 500 K and a pressure of 10 atm. This condition is exothermic so it need a cooling medium, using Dowtherm A. The next stage is purification products out of the reactor in order to obtain a minimum of 98% of the final product. This plant needs water as much 74,610.3239 kg/hour, fuel that used from residual fuel oil is 129.2 lt/hour and the demand for electricity of 112 kWh. From economic evaluation, the result are Break Even Point (BEP) amounted to 47.46% of capacity, Shut Down Point (SDP) amounted to 35.74% of capacity, and the Discounted Cash Flow (DCF) amounted to 18.70%. From the results of this evaluation can be seen that the ethanol plant of ethylene and water with a capacity of 30,000 tons / year is suitabled to be build.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunan di segala bidang termasuk bidang industri khususnya sektor industri kimia. Ketahanan ekonomi Indonesia dapat meningkat jika mampu menghasilkan sendiri barang-barang kebutuhan utama, terutama produk-produk industri.

Etil alkohol atau etanol termasuk bahan kimia yang penting bagi industri kimia di Indonesia maupun dunia. Pertimbangan pendirian pabrik etanol yaitu sebagai bahan baku pada industri asam asetat, bahan pelarut dalam industri farmasi, kosmetika, dan bahan baku pembuatan senyawa-senyawa lain. Etanol juga berguna sebagai bahan desinfektan untuk peralatan kedokteran, rumah sakit, dan kesehatan lainnya.

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

Untuk mencukupi kebutuhan etanol di Indonesia masih harus mengimpor dari luar negeri (dari Amerika Serikat dan negara-negara Eropa). Dengan adanya pabrik etanol ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Selain

itu akan membuka kesempatan bagi Indonesia menjadi negara pengeksport etanol ke luar negeri sehingga perekonomian negara meningkat.

Dengan didirikannya pabrik etanol ini tentunya akan membuka kesempatan terbentuknya lapangan kerja baru, dan juga mendorong berdirinya pabrik-pabrik baru yang menggunakan etanol sebagai bahan baku utama. Pendirian pabrik ini juga didukung dengan tersedianya bahan baku yang berasal dari pabrik etilen yang berada di Cilegon, Banten sebagai salah satu bahan baku utamanya.

1.1.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Impor etanol dalam negeri cenderung meningkat setiap tahun seiring dengan perkembangan industri yang menggunakannya. Dari data BPS (Badan Pusat Statistik). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perkembangan impor etanol di Indonesia

Tahun	Kapasitas, ton/tahun
2006	3,285
2007	8,848
2008	36,833
2009	88,427
2010	180,284
2011	492,728
2012	121,413
2013	358,957

Tahun	Kapasitas, ton/tahun
2014	1.291,414
2015	134,976

Sumber: BPS, 2016

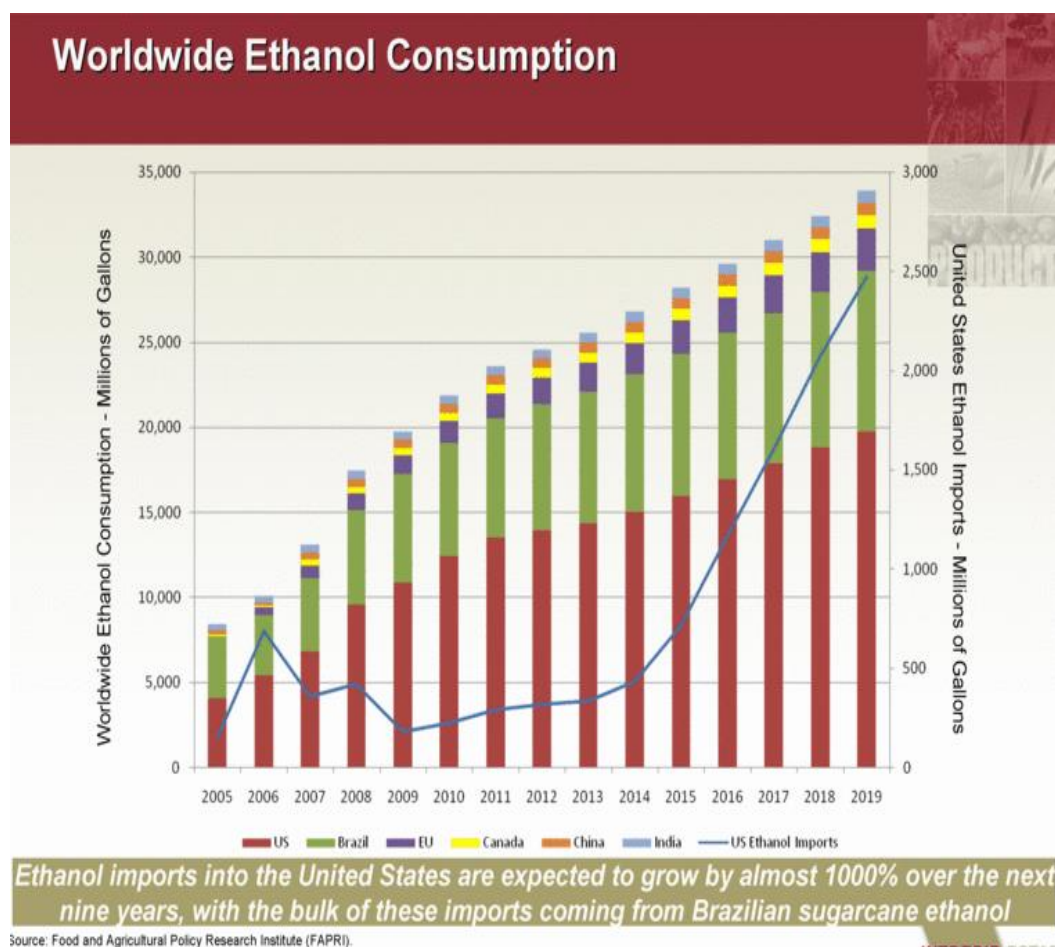
Berdasarkan data BPS diatas, kenaikan etanol mengalami kenaikan setiap tahunnya, walaupun pada tahun 2015 menurun drastis. Oleh karena itu, perlu didukung dengan data-data lain, seperti data ekspor etanol Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Perkembangan ekspor etanol Indonesia

Tahun	Kapasitas, ton/tahun
2006	1.850
2007	1.405,79
2008	1.593,7
2009	26.372,138
2010	38.972,371
2011	63.606,076
2012	46.800,036
2013	67.993,751
2014	73.943,346
2015	52.654,444

Sumber: BPS, 2016

Dari data ekspor etanol di Indonesia tersebut, ekspor dari tahun ke tahun cenderung meningkat juga, walaupun pada tahun 2015 menurun seperti halnya dengan data impor. Untuk memastikan apakah pabrik ini layak didirikan atau tidak, dan berapa kapasitas produksi etanol yang ideal, maka perlu dilihat data kebutuhan etanol dunia yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik konsumsi etanol dunia dan prediksi kebutuhan di tahun berikutnya

Jika dilihat dari grafik konsumsi etanol dunia diatas, maka dapat dilihat bahwa setiap tahun konsumsi etanol dunia terus meningkat, begitu juga

prediksinya pada beberapa tahun kedepan. Merujuk pada data tersebut, konsumsi etanol dunia setiap tahunnya naik sekitar lebih besar dari 2 juta ton. Pada pabrik ini digunakan kapasitas sebesar 30.000 ton/tahun, mempertimbangkan persaingan pabrik etanol yang ada di seluruh dunia serta permintaan pasar. Kapasitas sekian sangatlah ideal untuk memenuhi kebutuhan etanol dunia pada tahun 2020 dan juga produksi pabrik nantinya dapat digunakan sebagai pendukung pasokan kebutuhan etanol dunia.

Di berbagai belahan dunia terdapat beberapa pabrik yang menghasilkan etanol. Meskipun demikian, kebutuhan etanol dunia terus meningkat, sehingga perlu didukung dengan pasokan lebih lagi setiap tahunnya.

Dari uraian diatas, perancangan ini dibuat untuk mengetahui dan mempelajari kelayakan pabrik etanol supaya memenuhi kebutuhan di dalam negeri maupun ekspor dengan menggunakan proses reaksi etilen dan air.

1.1.2 Lokasi Pabrik

Lokasi yang tepat adalah hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, dikarenakan hal ini akan mempengaruhi nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pabrik ini rencana akan didirikan di Cilegon, Banten. Beberapa hal yang dijadikan sebagai pertimbangan pemilihan lokasi pabrik pada umumnya sebagai berikut:

a. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Ada beberapa faktor primer yang berpengaruh secara langsung terhadap pemilihan lokasi pabrik, diantaranya:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku ialah hal terpenting dalam pengoperasian pabrik. Pabrik etanol ini rencana akan didirikan di Cilegon, Banten dengan pertimbangan dekat dengan sumber bahan baku. Bahan baku etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri. Dengan tersedianya bahan baku etilen yang relatif besar, diharapkan mampu memenuhi kebutuhan bahan baku tersebut. Sedangkan bahan baku air diperoleh dari sungai Cikande.

2. Pemasaran

Sektor industri minimal beralkohol adalah penyerap kebutuhan terbesar etanol, lalu disusul dengan industri asam asetat, farmasi, kosmetika, rumah sakit, dan industri lainnya. Wilayah pemasaran etanol tersebar diseluruh Indonesia. Dalam memasarkan etanol tidak mengalami kesulitan, karena sarana transportasi sudah cukup lengkap.

3. Utilitas

Beberapa utilitas yang diperlukan untuk menunjang keperluan pabrik adalah air, bahan bakar, serta listrik. Karena Cilegon, Banten merupakan salah satu kawasan industri maka kebutuhan tersebut diharapkan dapat diperoleh dengan mudah.

4. Tenaga Kerja

Modal utama untuk pendirian suatu pabrik adalah tenaga kerja, dengan didirikannya pabrik di Cilegon, Banten akan dapat menyerap tenaga kerja potensial yang cukup banyak dari sekitar lokasi tersebut.

5. Transportasi

Transportasi diperlukan sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku maupun pemasaran produk. Fasilitas transportasi pendukung berupa jalan raya, pelabuhan dan bandar udara.

b. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Meski faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, namun sangat berpengaruh supaya proses produksi didalam pabrik berjalan lancar. Faktor-faktor sekunder meliputi:

1. Perluasan Area Pabrik

Lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik berada di kawasan industri Cilegon, Banten yang relatif tidak padat penduduk, sehingga memungkinkan untuk dilakukannya perluasan area pabrik.

2. Perizinan

Selain lokasi yang strategis sebagai penunjang operasional pabrik, hal lain yang mendukung dipilihnya lokasi ini adalah berada di daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga perizinan pendirian pabrik akan lebih mudah.

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

- a. Faktor keamanan kerja harus terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan aman dan mudah.
- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.

d. Transportasi yang baik dan efisien.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus terpenuhi dan menunjang kesejahteraan sosial, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana ibadah, pendidikan, olahraga, hiburan, bank, supermarket atau minimarket, dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Macam-macam Proses

Berikut ini ada beberapa macam proses pembuatan etanol, metodenya antara lain yaitu:

a. Fermentasi

Pada proses ini ada tiga tipe bahan baku yang digunakan, yaitu tipe Pati: dari jenis padi-padian maupun kentang yang mana harus dihidrolisis terlebih dahulu untuk memfermentasikan gula dengan enzim dari hasil molds. Selanjutnya adalah tipe gula: dari *sugar cane*, umbi (*sugar beets*), molasse, dan buah-buahan yang bisa diubah menjadi etanol secara langsung. Dan yang terakhir bahan selulosa: dari kayu dan sisa pertanian. Bahan ini harus diubah menjadi gula dengan asam-asam mineral atau enzim khusus.

Pada proses pembelahan enzimatik dari selulosa, selulosa yang digunakan sebaiknya dari *Trichoderma reesei*. Pada proses ini digunakan limbah cairan sulfite, gula berasal dari hidrolisis selulosa dan hemiselulosa dalam proses

pembuatan kertas. Selanjutnya apabila gula paling sederhana sudah terbentuk, maka enzim dari yeast dapat memfermentasi menjadi etanol.

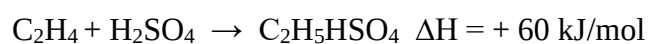
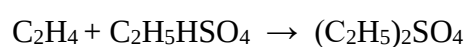
Reaksi pada enzim yang memfermentasi etanol adalah $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CO_2 + 2 C_2H_5OH$ yang diproduksi dari yeast. Langkah fermentasi berdasar dari EMP (*Embden Meyerhoff Parnas Pathway*). Selain itu monoksida (hexoses) juga digunakan untuk fermentasi, dan juga pembuatan metanol namun lebih ekonomis untuk memproduksi gula dari tebu dan memfermentasikan hanya sebagian atau sisa sebagai cairan encer secara rafinasi.

Gula yang terkandung dalam molasses sekitar 50-55 %. Terdapat perbedaan untuk molasses sebagai bahan baku fermentasi etanol dan juga dapat digunakan sebagai umpan persediaan, hal ini membuat harganya menjadi bervariasi, tergantung pada ketersediaan bahan baku lain dan ini mempengaruhi jumlah yang akan digunakan untuk fermentasi menjadi etanol.

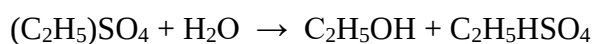
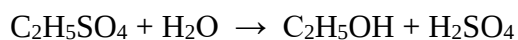
Bahan bahan lain yang mengandung selulosa, seperti limbah kulit kacang, tongkol jagung, kulit kapas, dan bubuk gergaji dapat digunakan sebagai bahan baku etanol. Tetapi hal ini kurang ekonomis jika diolah untuk menjadi etanol.

b. Hidrasi Tidak Langsung

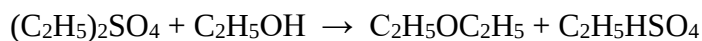
Reaksi pembentukan etanol menggunakan cara hidrasi tidak langsung adalah sebagai berikut:



Pada proses ini Etilen diabsorbsi dalam H_2SO_4 dengan kadar 95–98 % di dalam kolom absorber. Dalam reaksi ini sekitar 1,4 mol etilen per mol H_2SO_4 diserap. Dikarenakan reaksi yang terjadi adalah eksotermis, maka perlu ditambahkan pendingin pada menara absorber. Konsentrasi etilen yang terdapat pada umpan kira-kira 35 %, akan tetapi hanya boleh mengandung etilen saja, zat lain kecuali inert seperti metana, etana, propana dan selebihnya tidak boleh ada karena akan membentuk resin. Absorpsi etilen bergantung pada tekanannya, sehingga tekanan reaksi antara 10–35 bar dipilih tergantung dari konsentrasi etilen umpan. Selain itu, suhu juga berpengaruh terhadap absorpsi. Suhu reaksi sekitar 68–85 °C. Apabila suhu terlalu tinggi dapat membentuk resin. Setelah melewati menara absorber, gas kemudian masuk ke scrubber yang mengandung kaustik. Berikut ini adalah reaksi hidrolisis dari etil sulfat:



Pada umumnya reaksi terjadi dalam dua langkah. Yang pertama terjadi pada suhu 70 °C dan yang kedua pada suhu 100 °C. Banyaknya air yang digunakan membuat konsentrasi H_2SO_4 menjadi 40–55 %. Hal ini dilakukan agar reaksi samping dapat berkurang.



Pada reaksi tersebut etanol yang terbentuk dipisahkan bersamaan dengan eter dari kolom stripper, selanjutnya dicuci dengan kaustik soda bertujuan agar bebas dari asam, lalu dipisahkan dari eter dan dipekatkan dengan dua kolom distilasi.

Operasi yang paling mahal pada proses ini adalah pemekatan kembali cairan H_2SO_4 . Langkah ini membutuhkan panas yang tinggi, dan juga karena adanya sifat korosif yang tinggi, silumin, tantalum, dan timah hitam digunakan dalam proses ini.

c. Hidrasi Langsung Dengan Katalis

Berikut ini adalah reaksi hidrasi langsung dengan katalis, yang terjadi pada fase gas:



Seperti halnya reaksi eksotermis lainnya, katalis digunakan untuk menyesuaikan kecepatan reaksi pada suhu rendah. Karena mekanisme reaksi ini melewati ion karbonium, katalis yang cocok untuk reaksi ini adalah donor proton. Yang sering digunakan adalah H_3PO_4 dengan pembawa seperti tanah diatom, bentonit, dan alumina gel.

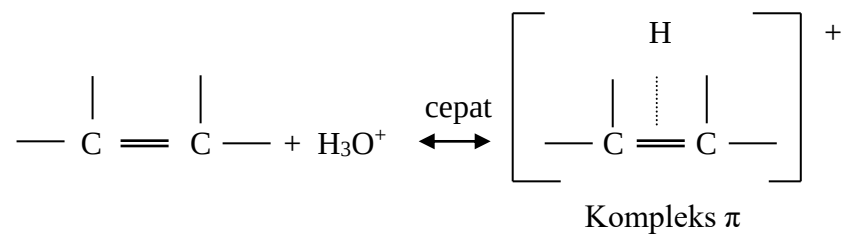
Etilen dan air yang bebas garam dengan rasio mol 1:2 dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi 227°C dengan tekanan 10 atm. Dikarenakan reaksi ini merupakan reaksi eksotermis, gas keluar dari reaktor sekitar $231,76^\circ\text{C}$ lebih panas. Konversi dari reaksi ini, diperoleh cukup tinggi, yaitu 95 %. Dengan bantuan katalis asam fosfat yang berdiameter 4,50 mm, kemudian air dan etanol dipisahkan dalam separator dimana fase cair dialirkan menuju ke menara distilasi untuk dipisahkan serta dimurnikan dan akhirnya dihasilkan etanol dengan kemurnian 98 % sebagai produk utama dan air sebagai produk samping. (kirk & Othmer, 1983).

1.2.2 Konsep Proses

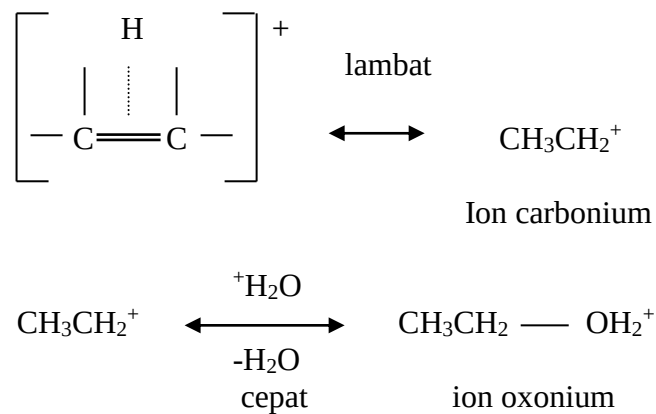
a. Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi dari proses hidrasi dari etilen dalam larutan asam adalah sebagai berikut:

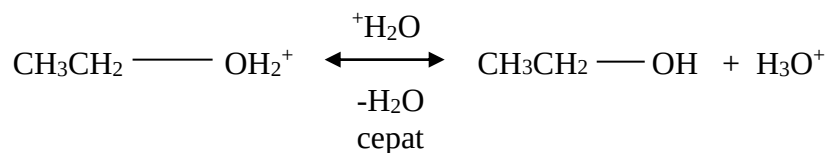
Kesetimbangan:



Penentuan kecepatan:



Kesetimbangan:



(Sumber: Kirk & Othmer, 1985 vol 9, hal 349)

Dari mekanisme di atas, dapat disimpulkan bahwa keadaan transisi asam konjugasi dari olefin pada asam yang tidak terikat pada molekul air. Karena

reaktan berupa olefin dan ion hidronium, keadaan transisi dapat terbentuk hanya dengan isomerisasi dari satu keadaan yang tidak stabil ke yang lainnya. Isomerisasi unimolekuler dari kompleks π membentuk ion carbonium memenuhi persyaratan dan menetapkan langkah penentuan kecepatan. Penambahan air pada ion carbonium akan membentuk ion oxonium yang merupakan asam konjugasi yang mempunyai satu ikatan H yang tidak berpasangan, kemudian ion oxonium tersebut akan mendonorkan H^+ kepada air sehingga membentuk etanol dalam keadaan kesetimbangan.

b. Tinjauan Kinetika

Menurut hukum Arrhenius $k = Ae^{-E_a/RT}$, jika temperatur dinaikkan maka harga k akan besar sehingga menaikkan kecepatan reaksi. Namun reaksi pembentukan etanol merupakan reaksi eksotermis reversible maka pemilihan suhu dibatasi oleh tinjauan termodinamikanya.

c. Tinjauan Termodinamika

Sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (\text{Smith dan Van Ness, 1949})$$

$$\frac{\ln K_1}{k_2} = \frac{\Delta H (1/T^2 - 1/T^1)}{R} \quad (\text{Smith dan Van Ness, 1949})$$

Pada reaksi eksotermis reversible, ΔH bernilai negatif, maka bila temperatur diperbesar konstanta keseimbangan akan semakin kecil, sebaliknya

bila temperatur diturunkan akan meningkatkan harga keseimbangan reaksi (K). Menurut azas Le Chatelier pada reaksi eksotermis, apabila temperatur diturunkan maka akan menggeser keseimbangan ke kanan. Oleh sebab itu pada reaksi eksotermis, lebih baik dijalankan pada temperatur yang serendah – rendahnya agar meningkatkan konversi reaksi. Temperatur yang dipilih tidak lebih rendah dari 250 °C karena dibatasi oleh kemampuan katalis yang hanya aktif pada temperatur lebih dari 250 °C.

$$\begin{array}{lcl}
 \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} & & \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \\
 \Delta H_f 298 = & \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} & 1 \text{ KJ/kcal} \\
 & = & -46550.00
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \Delta H_{\text{reaktan}} = & 12376.88 & \text{Kj/kmol} \\
 \Delta H_{\text{produk}} = & -100.41 & \text{Kj/kmol} \\
 \text{Jadi, } \Delta H_R = & -59027.29 & \text{Kj/kmol} \\
 & = -14098.43126 & \text{Kcal/kmol} \\
 & = -17903353.75 & \text{Kj/jam}
 \end{array}$$

1.3. Pemilihan Proses

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas yang didapat dari beberapa sumber referensi, telah dipertimbangkan dan dibandingkan dari ketiga proses di atas maka pembuatan etanol akan dilakukan menggunakan metode hidrasi langsung dengan katalis (proses 3) sebagai proses reaksi antara etilen dan air dengan beberapa pertimbangan, yaitu:

- a. Suhu dan tekanan yang digunakan pada proses lebih rendah sehingga energi yang digunakan juga lebih rendah.
- b. Penggunaan katalis asam fosfat menghasilkan konversi dan juga tingkat kecepatan reaksi yang lebih tinggi dan juga resiko korosif yang lebih rendah
- c. Tingkat kemurnian produk etanol yang didapat lebih tinggi.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Agar dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang sesuai target pada perancangan ini, maka prosedur pembuatan etanol dirancang berdasar kepada variabel utama, antara lain: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Produk (Etanol)

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 % etanol, 2 % impurities (H_2O).

2.2 Spesifikasi Bahan

2.2.1 Bahan Baku

1. Etilen

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 ⁰ C
Titik lebur	: - 80,8 ⁰ C
Kemurnian	: 0,5%



Bentuk	: Gas
Berat molekul	: 16,043
Titik didih	: - 161,6 ⁰ C
Titik lebur	: - 187,5 ⁰ C
Kemurnian	: 1 %



Bentuk	: Gas
Berat molekul	: 30,07
Titik didih	: - 89 ⁰ C

Titik lebur : - 181,76

Kemurnian : 1,5%

2. Uap air (steam)

Bentuk : Gas

Warna : Jernih

Titik didih : 100 °C

Berat molekul : 18,015

2.2.2 Bahan Pembantu

Sebagai pendukung pembuatan etanol dibutuhkan bahan pembantu.

Bahan pembantu yang digunakan berbentuk katalis pada reaktor fixed bed. Katalis yang digunakan yaitu asam fosfat.

Rumus molekul : H_3PO_4

Bentuk : Padatan silinder

Titik didih : 158 °C

Porositas : 0,384 *void fraction*.

Diameter ekivalen : 4,50 mm

2.3 Pengendalian Kualitas

Agar dapat memberikan daya tarik konsumen, maka kualitas suatu produksi haruslah diperhatikan. Oleh karenanya menjaga mutu barang agar didapat kualitas yang baik merupakan salah satu hal penting yang membutuhkan pengendalian khusus dari perusahaan.

Agar dapat memenuhi mutu produk dan menjaga kualitasnya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan beberapa hal, yaitu:

1. Menjaga kualitas produk:
 - a. Kadar produk minimum 98 % sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan di pasaran.
 - b. *Performance* fisik yang termasuk: bau, warna, *packing*, dan lain-lain.
 - c. Menjaga kebersihan produk pada saat proses maupun setelah proses.
2. Melakukan pengendalian mutu sesuai dengan standar ISO 9001 dan ISO 14001 pada saat proses, dan juga dampak terhadap lingkungan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan 3 langkah:
 - a. Uji laboratorium produk setiap hari (intern pabrik).
 - b. Uji produk secara berkala sesuai peraturan standar mutu yang berlaku.
 - c. Survei kepuasan kepada konsumen.
3. Melakukan cek terhadap semua peralatan kerja, apakah sesuai dengan fungsinya atau tidak, agar didapatkan produk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Agar kualitas produk yang baik dapat tercapai sesuai dengan perancangan pabrik etanol yang diinginkan, maka pada perancangan proses perlu dilakukan pengaturan yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan etanol dengan bahan baku etilen dan air ini pada dasarnya meliputi 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 etanol dengan fase gas adalah etilen dan air. Etilen disimpan di tangki penyimpanan (T-01) dalam bentuk cair pada temperatur 30 °C, tekanan 17,27 atm. Kemudian umpan dialirkan ke *ekspansion valve* (EV-01) agar tekanannya dapat diturunkan menjadi 10 atm. Proses selanjutnya, etilen dipanaskan dengan menggunakan alat *heater* (HE-01) dan *heater* (HE-02) agar fasenya berubah menjadi gas, dan suhunya berubah menjadi 227 °C.

Steam pada suhu 150 °C dengan tekanan 1 atm dialirkan menuju kompresor agar tekanannya dapat naik menjadi 10 atm, kemudian dipanaskan menggunakan *heater* (HE-03) sehingga temperaturnya naik menjadi 227 °C.

2. Reaksi dalam Reaktor

Gas campuran etilen dengan *steam* diumpankan melalui bagian bawah reaktor *fixed bed multitube*. Kemudian agar mempercepat reaksi yang terjadi antara etilen dan *steam*, maka digunakan katalisator asam fosfat yang berlangsung pada temperatur 227 °C dan tekanan 10 atm.

Pada reaktor, proses bekerja secara non-isothermal dan non-adiabatis. Di dalam reaktor terbentuklah etanol, dikarenakan reaksi yang terjadi antara etilen dan *steam* dengan konversi total 95% terhadap etilen. Dikarenakan reaksi berjalan eksotermis, sehingga diperlukan pendingin untuk menjaga suhu reaksi agar tidak melebihi batas-batas yang sudah ditentukan, pendingin yang digunakan adalah *Dowtherm A* cair.

3. Pemisahan dan Pemurnian Produk

Setelah reaksi di dalam reaktor, gas keluar dari reaktor masih dengan suhu tinggi, kemudian dilakukan proses pendinginan dan panasnya dimanfaatkan sebagai pemanas umpan reaktor. Hasil dari reaktor kemudian keluar dan diturunkan tekanannya menggunakan *expansion valve* (EV-02) menjadi 1 atm. Selanjutnya diturunkan suhunya dengan *cooler* (CL-01), kemudian diembunkan

agar menjadi cair, sebagian di *condenser* (CD-01) dan dilanjutkan lagi di *condenser* (CD-02) yang bekerja pada suhu 72,66 °C, tekanan 1 atm.

Setelah di proses didalam CD-02, hasil berupa campuran uap-cair selanjutnya dimasukkan ke separator (SP) untuk dilakukan pemisahan gas dan cairan. Hasil atas SP selanjutnya diturunkan suhunya didalam *cooler* (CL-02) untuk disimpan kedalam tangki penyimpanan (T-02). Gas didalam T-02 dapat dijual ataupun dimanfaatkan sebagai bahan bakar, dikarenakan masih memiliki nilai ekonomi. Sedangkan hasil bawah SP yang berupa cairan diumpankan ke menara distilasi (MD) untuk dimurnikan. Hasil atas menara distilasi (MD) yang berupa etanol dengan kemurnian 95 % dengan suhu 80 °C kemudian di alirkan ke dalam adsorber untuk dimurnikan menjadi produk etanol dengan kemurnian 98 % dan dialirkan menuju ke tangki penyimpan produk (T-03). Sementara itu, hasil bawah menara distilasi (MD) yang berupa air dan etanol sisa kemudian diturunkan suhunya di *cooler* (CL-04) bersamaan dengan hasil bawah adsorber dan dibuang ke unit pengolahan limbah (UPL).

3.2 Metode Penentuan Perancangan

Konsumsi etanol dunia diprediksi selalu mengalami kenaikan yang berarti. Hal tersebut dikarenakan perkembangan sektor industri, pemanfaatan etanol baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu. Rencana perencanaan pendirian pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini antara lain: neraca massa, neraca panas dan spesifikasi alat.

3.2.1 Penentuan Neraca Massa

Penentuan neraca massa pendirian pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun meliputi:

1. Neraca massa reaktor
2. Neraca massa separator
3. Neraca massa menara distilasi
4. Neraca massa adsorber

Basis Perhitungan Neraca Massa :

Kapasitas Produk : 30.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari kerja

Basis Perhitungan : 1 jam

$$= \left[\frac{30.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \right] \times \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right]$$

$$= 3787,8788 \text{ kg/jam}$$

1. Reaktor *Fixed Bed Multitube* (R)

Tabel 3.1 Neraca massa reaktor (R)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
CH ₄	26,4050	26,4050
C ₂ H ₄	2.561,2862	128,0638
C ₂ H ₆	39,6075	39,6075
C ₂ H ₂	13,2025	13,2025
C ₂ H ₅ OH	0	3.997,4389
H ₂ O	3.293,0823	1.728,8658
Total	5.933,5835	5.933,5835

2. Separator (SP)

Tabel 3.2 Neraca massa separator (SP)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Bawah	Atas
CH ₄	26,4050	0	26,4050
C ₂ H ₄	128,0638	0	128,0638
C ₂ H ₆	39,6075	0	39,6075
C ₂ H ₂	13,2025	0	13,2025
C ₂ H ₅ OH	3.997,4389	3.907,4965	89,9424
H ₂ O	1.728,8658	1.711,5771	17,2887
Total	5.933,5835	5.933,5835	

3. Menara Distilasi (MD)

Tabel 3.3 Neraca massa menara distilasi (MD)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Atas	Bawah
C ₂ H ₅ OH	3.907,4965	3.712,1217	195,3748
H ₂ O	1.711,5771	195,3748	1.516,2023
Total	5.619,0736	5.619,0736	

4. Adsorber (AD 01/02)

Tabel 3.4 Neraca massa adsorber (AD 01/02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Atas	Bawah
C ₂ H ₅ OH	3.712,1217	3.712,1217	-
H ₂ O	195,3748	75,7576	119,6172
Total	3.907,4965	3.907,4965	

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)

2. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD)

1. Neraca Panas Reaktor (R)

Tabel 3.5 Neraca panas Reaktor (R)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
Panas masuk	540.789,2129	Panas keluar	-514.673,5886
Panas reaksi	354,1629548	Panas yang dibuang	1.055.816,964
Total	541.143,3758	Total	541.143,3758

2. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD)

Tabel 3.6 Neraca panas MD

No	Arus	Masuk, kj/kmol	Keluar, kj/kmol
1	Umpan Masuk	1.041.736,74	0
2	Hasil atas	0	1.431.255,55
3	Hasil Bawah	0	1.819.708,52
4	Condenser	0	550.451,27
5	Reboiler	2.759.678,60	0
Jumlah		3.801.415,34	3.801.415,34

3.2.3 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan Etilen (T-01).

Fungsi : Menyimpan bahan baku Etilen dalam fase cair untuk kebutuhan 6 hari sebanyak 2.640,5012 kg/hari.

Kondisi penyimpanan :

Temperatur : 303 K

Tekanan : 17,27 atm

Kondisi : Fase cair

Tipe : Tangki silinder horisontal dengan *torispherical dished head*

Kapasitas tangki : 403,4722 m³

Jumlah : 1 buah

Diameter : 6,36 m

Panjang : 12,713 m

Tebal *head* : 8,9375 in

Bahan Konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Harga : \$ 180.002,72

2. Tangki Penyimpan Hasil Atas Separator (T-02)

Fungsi : Menyimpan hasil atas separator selama 6 hari sebanyak 314,5099 kg/hari

Tipe : Tangki bola (*spherical tank*)

Kondisi penyimpanan :

Temperatur	: 303 K
Tekanan	: 1 atm
Kondisi	: Fase gas
Kapasitas tangki	: 320,1418 m ³
Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 8,489 m
Tinggi	: 8,489 m
Tekanan Desain	: 1,16 atm
Tebal dinding	: 1 in
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Harga	: \$ 293.861,54

3. Tangki Etanol (T-03)

Fungsi	: Menyimpan produk etanol selama 6 hari sebanyak 3.787,8793 kg/hari
Tipe	: Tangki silinder horisontal dengan <i>torispherical dished head</i>

Kondisi penyimpanan :

Temperatur	: 303 K
Tekanan	: 1 atm
Kondisi	: Fase cair
Kapasitas tangki	: 1.767,4859 m ³

Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 12,19 m
Panjang	: 16,46 m
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Harga	: \$ 257.860,74

4. Reaktor (R)

Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi uap air dan etilen menjadi etanol sebanyak 5.933,5835 kg/jam dengan katalis asam fosfat (H_3PO_4).
Tipe	: <i>Fixed Bed Multitube</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi	: Non-adiabatis non-isothermal
Tekanan	: 10 atm
Suhu masuk	: 500 K
Suhu keluar	: 504,57 K
Fase	: Gas dengan katalis padat
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah <i>tube</i>	: 138 buah
Diameter dalam <i>tube</i>	: 0,035052 m
Diameter luar <i>tube</i>	: 0,042164 m
Tinggi reaktor	: 3,7463 m

Tebal *shell* : 0,3371 in

Tebal *head* : 0,875 in

Katalis :

Bentuk : Silinder

Densitas katalis : 1,574 g/cm³

Diameter : 0,45 cm

Harga : \$ 58.509,1

5. Separator (SP)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari *condenser* (CD-02) pada suhu 346 K sebanyak 314,5099 kg/jam uap dan 5.619,0736 kg/jam cair.

Tipe : *Vertikal separator single stage*

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator :

Diameter : 0,76 m

Tinggi : 5,96 m

Tebal *Shell* standar : 0,1875 in

Bahan konstruksi : *Stainless steel, SA 167 grade 11*

Harga : \$ 2.395,71

6. Menara Distilasi (MD)

Fungsi : Memisahkan dan memurnikan produk etanol pada suhu 346 K dan tekanan 1 atm sebanyak 5.619,0736 kg/jam

Tipe : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

Puncak menara : Suhu = 353 K

Tekanan = 1 atm

Dasar menara : Suhu = 352 K

Tekanan = 1 atm

Umpan menara : Suhu = 346 K

Tekanan = 1 atm

Jumlah plate : 15 plate

Lokasi umpan masuk : Stage ke-9 dari puncak menara

Tray spacing : 0,6 m

Diameter menara : 1,7899 m

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Tebal *shell* standar : 3/16 in

Tebal *head* standar : 3/16 in

Tinggi kolom : 9,2313 m

Harga : \$ 28.469,73

7. Adsorber (AD)

Fungsi	: Menyerap H ₂ O dari campuran etanol-air sebesar 119,6172 kg/jam dengan bahan isian <i>Zeolite 3A</i> .
Jenis	: Menara dengan bahan isian.
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 2 buah
Diameter menara	: 1,37 m
Tebal <i>Shell</i> standar	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i> standar	: 3/16 in
Tinggi adsorber	: 3,33 m
Harga	: \$ 65.826,96

8. Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi	: Memanaskan fluida sebanyak 2.640,5007 kg/jam dari suhu 30 °C ke 120 °C dengan media pemanas menggunakan <i>steam</i> .
Tipe	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Luas transfer panas	: 173,4957 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 122,93756 °F
<i>Pressure drop</i> total	: 0,0002 psi

Jumlah hairpin	: 15
IPS	: 1,25 in
	2,50 in
OD	: 1,66 in
	2,88 in
ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.348,81

9. Heat Exchanger (HE-02)

Fungsi	: Memanaskan fluida sebanyak 2.640,5007 kg/jam dari suhu 120 °C ke 227 °C dengan media pemanas menggunakan <i>steam</i> .
Tipe	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Luas transfer panas	: 187,3809 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 67,66 °F
<i>Pressure drop</i> total	: 0,0001 psi
Jumlah hairpin	: 15

IPS	: 1,25 in
	2,50 in
OD	: 1,66 in
	2,88 in
ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 4.603,18

10. Heat Exchanger (HE-03)

Fungsi	: Memanaskan <i>steam</i> sebanyak 3.293,0823 kg/jam dari suhu 150 °C ke 227 °C dengan media pemanas menggunakan <i>steam</i> .
Tipe	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Luas transfer panas	: 186,1274 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 61,136 °F
<i>Pressure drop</i> total	: 0,04 psi
Jumlah hairpin	: 15
IPS	: 1,25 in

	2,50 in
OD	: 1,66 in
	2,88 in
ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.770,59

11. *Condenser* (CD-01)

Fungsi	: Mengembunkan sebagian uap keluar reaktor dengan suhu masuk 363 K menjadi 353 K
Tipe	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tekanan	: 1 atm
Luas transfer panas	: 1.146,4847 ft ²
UD	: 50 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 879,8 Btu/jam.ft ² .°F
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,0197 jam ft ² °F/Btu
<i>Shell Side</i>	:
<i>Cold fluid</i>	: <i>Water</i>
ID	: 15,25 in

Pass	: 1 pass
<i>Tube Side</i>	:
<i>Hot fluid</i>	: <i>Light Organic</i>
OD	: 0,75 in
BWG	: 10
Panjang	: 12,4 ft
Jumlah pipa	: 472 pipa
Pass	: 2 pass
<i>Pitch</i>	: <i>1 5/16 in square pitch</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 27.323,18

12. *Condenser* (CD-02)

Fungsi	: Mengembunkan sebagian uap keluar reaktor dengan suhu masuk 353 K menjadi 346 K
Tipe	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tekanan	: 1 atm
Luas transfer panas	: 1.345,7306 ft ²
UD	: 50 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 879,8 Btu/jam.ft ² .°F
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,0197 jam ft ² °F/Btu

<i>Shell Side</i>	:
<i>Cold fluid</i>	: <i>Water</i>
ID	: 15,25 in
Pass	: 1 pass
<i>Tube Side</i>	:
<i>Hot fluid</i>	: <i>Light Organic</i>
OD	: 0,75 in
BWG	: 10
Panjang	: 12,4 ft
Jumlah pipa	: 553 pipa
Pass	: 2 pass
<i>Pitch</i>	: <i>1 5/16 in square pitch</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 56.637,4

13. *Condenser (CD-03)*

Fungsi	: Mengembunkan uap produk atas menara distilasi (MD)
Tipe	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tekanan	: 1 atm
Luas transfer panas	: 384,2723 ft ²
UD	: 50 Btu/jam.ft ² . ⁰ F

Uc	: 549,14 Btu/jam.ft ² .°F
Rd min	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	: 0,0182 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>	: Uap keluar menara distilasi
OD	: 0,75 in
BWG	: 16
Panjang	: 6 ft
Jumlah pipa	: 245 pipa
Pass	: 1 pass
<i>Pitch</i>	: 1,25 in square pitch
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 9.475,99

14. Reboiler (RB)

Fungsi	: Menguapkan sebagian hasil bawah MD untuk dikembalikan ke menara distilasi (MD)
Tipe	: <i>Kettle Reboiler</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>

Luas transfer panas	: 1.144,9393 ft ²
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,006 jam ft ² °F/Btu
<i>Shell Side</i>	:
<i>Cold fluid</i>	: <i>Light organic</i>
ID	: 27 in
<i>Tube Side</i>	:
<i>Hot fluid</i>	: Steam
OD	: 1,5 in
BWG	: 16
Panjang	: 16 ft
Jumlah <i>tube</i>	: 274 pipa
<i>Pitch</i>	: 1,875 in <i>triangular pitch</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 12.108,21

15. *Accumulator* (ACC)

Fungsi	: Menampung sementara cairan hasil kondensasi CD-03 agar arus refluk dan destilat MD stabil.
Tipe	: Tangki silinder horisontal
Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Diameter	: 0,75 m
Panjang	: 4,53 m
Volume	: 63,19 ft ³

Suhu	: 353,05 K
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 5 menit
Tebal <i>Shell</i> standar	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i> standar	: 3/16 in
Harga	: \$ 5.694,73

16. Expansion Valve - 01

Fungsi	: Menurunkan tekanan gas etilen keluar tangki penyimpanan bahan baku (T-01) sebanyak 2.561,2862 kg/jam dari 17,27 atm menjadi 1 atm.
Jenis	: <i>Globe Valve</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Suhu aliran	: 30 °C
Tekanan masuk	: 17,27 atm
Tekana keluar	: 1 atm
Diameter keluar	:
NPS	: 2,0 in
OD	: 2,38 in
ID	: 2,067 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 163,22

17. Expansion Valve - 02

Fungsi	: Menurunkan tekanan gas komponen keluar rektor sebanyak 5.933,5835 kg/jam dari 10 atm menjadi 1 atm.
Jenis	: <i>Globe Valve</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Suhu aliran	: 231,57 °C
Tekanan masuk	: 10 atm
Tekana keluar	: 1 atm
Diameter keluar	:
NPS	: 2,5 in
OD	: 2,88 in
ID	: 2,469 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 231,7

18. Pompa (P-01)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari <i>condenser</i> (CD-02) ke separator dengan tekanan 1 atm sebanyak 5.933,5835 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal Pump Multi Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 89,3751 gpm

Ukuran pipa	:
NPS	: 4 in
Sch No	: 40
OD	: 4,5 in
ID	: 4,026 in
<i>Head</i> pompa	: 5,1846 meter
<i>Power</i> pompa	: 0,34 HP
<i>Power</i> motor	: 0,4 HP
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 390,2

19. Pompa (P-02)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari separator ke menara distilasi dengan tekanan dari 1 atm sebanyak 5.619,0736 kg/jam
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 82,8023 gpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 3 in
Sch No	: 40
OD	: 3,5 in
ID	: 3,068 in

<i>Head</i> pompa	: 18,1145 meter
<i>Power</i> pompa	: 1,12 HP
<i>Power</i> motor	: 1,24 HP
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 364,19

20. Pompa (P-03)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari <i>Accumulator</i> ke <i>cooler</i> (CL-03) sebanyak 3.787,88 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal PumpMulti Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 66,1509 gpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 3 in
Sch No	: 40
OD	: 3,5 in
ID	: 3,068 in
<i>Head</i> pompa	: 15,08 meter
<i>Power</i> pompa	: 1,25 HP
<i>Power</i> motor	: 1,5 HP
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 416,22

21. Pompa (P-04)

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari <i>Reboiler 01</i> ke <i>cooler</i> (CL-04) sebanyak 1.831,2 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 24,1321 gpm
Ukuran pipa	:
NPS	: 0,75 in
Sch No	: 40
OD	: 1,05 in
ID	: 0,824 in
Head pompa	: 17,3281 meter
Power pompa	: 1,4 HP
Power motor	: 1,5 HP
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 195,1

22. Pompa *Reflux*

Fungsi	: Untuk memompa cairan dari <i>Accumulator</i> ke menara distilasi (MD)
Tipe	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 66,1509 gpm

Ukuran pipa	:
NPS	: 3 in
Sch No	: 40
OD	: 3,5 in
ID	: 3,068 in
<i>Head</i> pompa	: 18,0682 meter
<i>Power</i> pompa	: 1,5 HP
<i>Power</i> motor	: 1,7 HP
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 286,4

23. Cooler (CL-01)

Fungsi	: Menurunkan Suhu uap keluar Reaktor menuju kondensor (CD-01) dari suhu 231,6 °C menjadi 90 °C.
Jenis	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Beban Panas	: 29.992.8963 kJ/jam
Luas transfer panas	: 111,54 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 44,56 °F
<i>Pressure drop</i> total	: 0,0008 psi
Jumlah hairpin	: 10

IPS	: 1,25 in
	2,50 in
OD	: 1,66 in
	2,88 in
ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 3.805,41

24. Cooler (CL-02)

Fungsi	: Menurunkan Suhu cairan keluar Separator menuju tangki (T-03) dari suhu 73 °C menjadi 30 °C.
Jenis	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Beban Panas	: 457,7025 kJ/jam
Luas transfer panas	: 7,3037 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 28,2857 °F
<i>Pressure drop total</i>	: 0,0003 psi
Jumlah hairpin	: 1
IPS	: 1,25 in

	2,50 in
OD	: 1,66 in
	2,88 in
ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 1.256,36

25. Cooler (CL-03)

Fungsi	: Menurunkan Suhu hasil atas Menara Distilasi menuju tangki (T-03) dari suhu 80 °C menjadi 30 °C.
Jenis	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Beban Panas	: 13.549,0608 kJ/jam
Luas transfer panas	: 135,6973 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor</i> (Rd)	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 62,3123 °F
<i>Pressure drop</i> total	: 0,0009 psi
Jumlah hairpin	: 12
IPS	: 1,25 in
	2,50 in

OD	: 1,66 in
	2,88 in
ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 4.245,87

26. Cooler (CL-04)

Fungsi	: Menurunkan Suhu hasil bawah Menara Distilasi menuju UPL dari suhu 99,5 °C menjadi 30 °C.
Jenis	: <i>Double Pipe Exchanger</i>
Beban Panas	: 9.103,9279 kJ/jam
Luas transfer panas	: 96,9382 ft ²
Rd min	: 0,001 jam ft ² °F/Btu
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
ΔT LMTD	: 91,4 °F
<i>Pressure drop</i> total	: 0,1656 psi
Jumlah hairpin	: 8
IPS	: 1,25 in
	2,50 in
OD	: 1,66 in
	2,88 in

ID	: 1,88 in
	2,469 in
<i>Schedule Number</i>	: 40
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.838,06

27. Blower (BL-01)

Fungsi	: Mengalirkan hasil atas separator menuju tangki (T-02) sebanyak 314,51 kg/jam.
Jenis	: Blower Sentrifugal
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 160,18 cuft/menit
Kondisi Operasi	:
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Daya motor	: 0,086 HP
Daya motor standar	: 0,125 HP
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 24.946,38

3.3 Perencanaan Produksi

Menyusun rencana produksi perlu 2 faktor untuk dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal yaitu faktor yang meliputi kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan :

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

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

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

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain

a. Material (bahan baku)

Apabila penggunaan yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan memenuhi target produksi yang diinginkan.

b. Manusia (tenaga kerja)

Agar tidak menimbulkan kerugian pabrik, maka keterampilan tenaga kerja perlu ditingkatkan dengan cara memberi pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilan meningkat.

c. Mesin (peralatan)

Hal yang mempengaruhi kemampuan peralatan, yaitu kemampuan alat dan jam kerja alat efektif. Jam kerja alat efektif adalah kemampuan suatu alat untuk bekerja pada kapasitas yang diinginkan pada saat periode tertentu.

Perencanaan target produksi:

- a. Pada tahun pertama diberikan target sudah dapat beroperasi sampai dengan 80% kapasitas produksi keseluruhan.
- b. Pada tahun kedua diberikan target sudah dapat beroperasi dan memenuhi 100% kapasitas produksi total sampai tahun kedelapan.
- c. Pada tahun kedelapan hingga tahun kesepuluh produksi akan sedikit menurun disebabkan oleh peralatan yang sudah sedikit tua, maka antara tahun kedelapan dan tahun kesepuluh direncanakan untuk didirikannya pabrik baru sebagai bentuk pengembangan, namun hal-hal tersebut bergantung juga pada perkembangan perekonomian dunia dan pasar.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Sehubungan dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan, faktor pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik. Oleh karena itu memilih lokasi yang di tempat yang tepat sangatlah diharuskan mulai dari 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*).

Rencana pendirian pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun akan dikerjakan di Cilegon, Banten. Berikut adalah beberapa pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik:

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer adalah faktor utama, dan merupakan faktor yang langsung berpengaruh terhadap tujuan utama dari pembuatan pabrik. Beberapa tujuan utama diantaranya proses produksi dan distribusi.

Berikut ini adalah faktor-faktor primer dalam pemilihan lokasi pabrik:

1. Penyediaan Bahan Baku

Dikarenakan lokasi pabrik yang relatif dekat dari PT Chandra Asri, Cilegon, Banten, maka penyediaan bahan baku tergolong mudah. Bahan baku dapat diperoleh dari lokasi yang tidak jauh sehingga tidak perlu mengimpor. Sedangkan air diperoleh dari sungai cikande.

2. Pemasaran

Pemasaran produk ini ditargetkan dapat mencukupi kebutuhan Indonesia maupun dunia. Wilayah pemasaran produk dalam negeri adalah seluruh Indonesia. Produk pabrik ini biasa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan industri obat-obatan, metil selulosa, karet sintetis dan industri pertanian. Untuk memasarkan etanol hampir tidak ada kendala, dikarenakan sarana transportasi yang sudah cukup lengkap.

3. Utilitas

Beberapa utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air dapat terpenuhi dengan mudah, karena area ini dekat dengan 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

Salah satu faktor utama sebagai modal utama pendirian suatu pabrik adalah tenaga kerja. Kebanyakan tenaga kerja yang dibutuhkan adalah yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Agar terpenuhi dapat dicari dari daerah sekitar lokasi pabrik atau membuka lowongan secara

online apabila diperlukan. Faktor lainnya yaitu pengalaman kerja dan kedisiplinan yang juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, hal ini bertujuan agar diperolehnya tenaga kerja yang berkualitas.

5. Transportasi

Agar penyaluran bahan baku dan pengiriman produk dapat berjalan dengan baik, maka lokasi pabrik harus mudah dicapai. Terdapat transportasi yang lancar baik darat maupun laut.

6. Letak Geografis

Agar terhindar dari kecelakaan kerja akibat bencana, letak pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam. Kebijakan pemerintah setempat juga mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan dapat memberikan dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi dengan masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

Untuk kelancaran perusahaan dalam menjalankan operasinya, maka penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting. Dari pertimbangan tersebut maka kawasan tanah yang tersedia harus memenuhi persyaratan untuk pembangunan sebuah pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Pengaruh faktor sekunder memang tidak memiliki peran secara langsung dalam proses industri, tetapi faktor ini sangat mempengaruhi kelancaran segala proses produksi dari suatu pabrik. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik:

1. Perluasan Areal Pabrik

Lokasi pabrik yang dipilih berada di kawasan industri Cilegon, Banten yang merupakan kawasan tidak padat penduduk, sehingga masih memungkinkan apabila ingin dilakukan perluasan area pabrik.

2. Perijinan

Pemilihan lokasi berada di daerah kawasan industri, sehingga mudah dalam urusan perijinan pendirian pabrik.

Tata letak pabrik haruslah diatur dengan baik, karena merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Antara lain :

- a. Keamanan termasuk kesehatan dan keselamatan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pemantauan, pengangkutan, pemindahan dan perbaikan seluruh peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Penggunaan areal tanah harus 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 ibadah, pendidikan, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat dari bagian-bagian pabrik seperti tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Secara garis besar layout pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi/perkantoran dan laboratorium

Daerah administrasi adalah pusat kegiatan administrasi pabrik yang menentukan kelancaran operasi. Selain itu juga ada laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses dan juga produk yang akan yang dijual.

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Daerah ini adalah daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat berlangsungnya proses produksi. Ruang kontrol digunakan sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah pergudangan, umum, bengkel, dan garasi

4. Daerah Utilitas dan Power Station

Segala kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan di daerah ini. Hal ini bertujuan agar memudahkan suplai maupun perbaikan alat.

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

1. Daerah Proses

Daerah ini merupakan daerah untuk menempatkan peralatan yang berhubungan dengan proses produksi. Daerah proses diletakkan pada tempat yang terpisah dari bagian lain.

2. Perluasan Pabrik

Perluasan areal pabrik pada masa depan sudah harus masuk di dalam perhitungan awal. Hal ini bertujuan supaya sejumlah areal disiapkan khusus untuk perluasan pabrik apabila pabrik dimungkinkan menambah peralatannya agar dapat menambah kapasitas produksi.

3. Keamanan

Penempatan alat-alat pengamanan seperti hidran, penampung air yang cukup, dan penahan ledakan harus dipersiapkan. Hal ini untuk mengantisipasi kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap, atau gas beracun.

Peletakan tangki penyimpan bahan kimia, baik bahan baku maupun produk harus di area khusus dan perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan yang lain agar memberikan pertolongan dan penyediaan jalan apabila terjadi keadaan darurat bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

4. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah yang tinggi membuat diperlukannya efisiensi yang tinggi terhadap pemakaian ruang. Hal ini agar kemampuan penyediaan areal dapat seminim mungkin namun efisien.

5. Bangunan

Syarat-syarat standar sebuah bangunan wajib terpenuhi, baik secara fisik maupun perlengkapan yang menyertainya. Perlengkapan antara lain seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

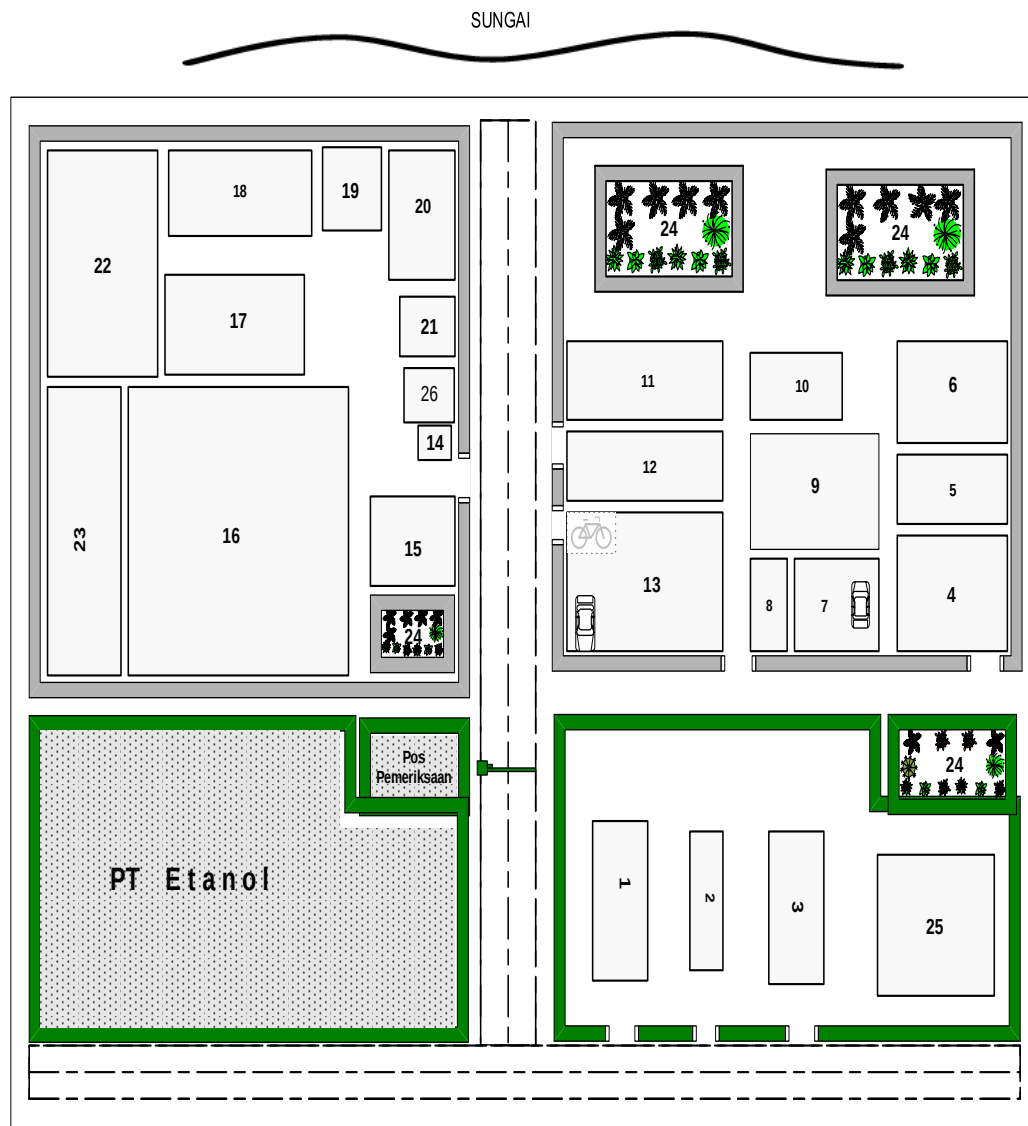
6. Penempatan Instalasi dan Utilitas

Instalasi dan distribusi gas, udara, steam, air dan listrik yang baik akan memudahkan kerja dan perawatan. Peralatan proses di tata sedemikian rupa sehingga dijangkau petugas dengan mudah dan dapat terjalin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

7. Jaringan Jalan Raya

Sebagai sarana transportasi pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, antara daerah proses harus dibuat jalan yang cukup agar akses keluar masuk kendaraan, sehingga tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangi keadaan darurat.

Gambar 4.1 dibawah ini adalah peta situasi pabrik atau tata letak pabrik (*plant lay out*) etanol dari etilen dan air dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun.



(Skala 1 : 100)

Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik Etanol

Keterangan :

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| 1. Mess karyawan | 14. Pos Keamanan |
| 2. Mess tamu | 15. Kantor produksi |
| 3. Mess direktur | 16. Area proses |
| 4. Masjid | 17. Area utilitas |
| 5. Gedung serba guna | 18. Unit Kontrol |
| 6. Perluasan | 19. Parkir truk |
| 7. Parkir direksi | 20. Bengkel |
| 8. Pos Keamanan | 21. Gudang alat |
| 9. Kantor utama | 22. Perluasan |
| 10. Kantin dan koperasi | 23. Perluasan |
| 11. Pemadam kebakaran | 24. Taman |
| 12. Klinik | 25. Perluasan |
| 13. Parkir karyawan dan tamu | 26. Laboratorium |

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik Etanol

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Kantor utama	44	14	616
Pos Keamanan	7	4	28
Mess	16	36	576
Parkir karyawan, tamu, direksi	12	22	264

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m²
Parkir Truk	18	12	216
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor produksi	20	14	280
Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	168
Kantin dan koperasi	15	12	180
Bengkel	12	24	288
Pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Area Utilitas	24	10	240
Area proses	50	35	1750
Unit kontrol	38	10	380
Jalan dan taman	55	40	2200
Perluasan pabrik	110	20	2200
Luas Tanah			10158
Luas Bangunan			5758
Total tanah	505	331	10158

4.3 Tata Letak Alat Proses

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada perancangan pabrik kali ini, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Agar menunjang kelancaran dan keamanan produksi, bahan baku dan produk harus dialirkan dengan cara yang tepat. Selain itu juga dapat memberikan keuntungan ekonomis lebih.

2. Aliran Udara

Kebutuhan udara di dalam pabrik haruslah lancar. Tujuannya adalah agar terhindar dari stagnasi udara pada suatu tempat yang memiliki bahan kimia yang berbahaya, karena hal ini sangatlah membahayakan keselamatan. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu diperhatikan.

3. Pencahayaan

Sistem pencahayaan seluruh area pabrik harus memadai, terutama pada tempat-tempat proses yang berisiko tinggi. Hal ini juga agar menunjang keselamatan kerja.

4. Lalu lintas manusia

Agar proses perbaikan apabila terjadi keadaan darurat maupun ada gangguan pada alat proses, perancangan tata letak peralatan perlu diletakkan pada skema yang tepat. Yang terpenting adalah keamanan pekerja saat bertugas perlu diprioritaskan.

5. Tata letak alat proses

Penataan alat-alat proses sebisa mungkin dapat mengurangi biaya pengoperasian alat. Lebih lagi, juga harus memprioritaskan keselamatan kerja dan memberikan keuntungan ekonomis.

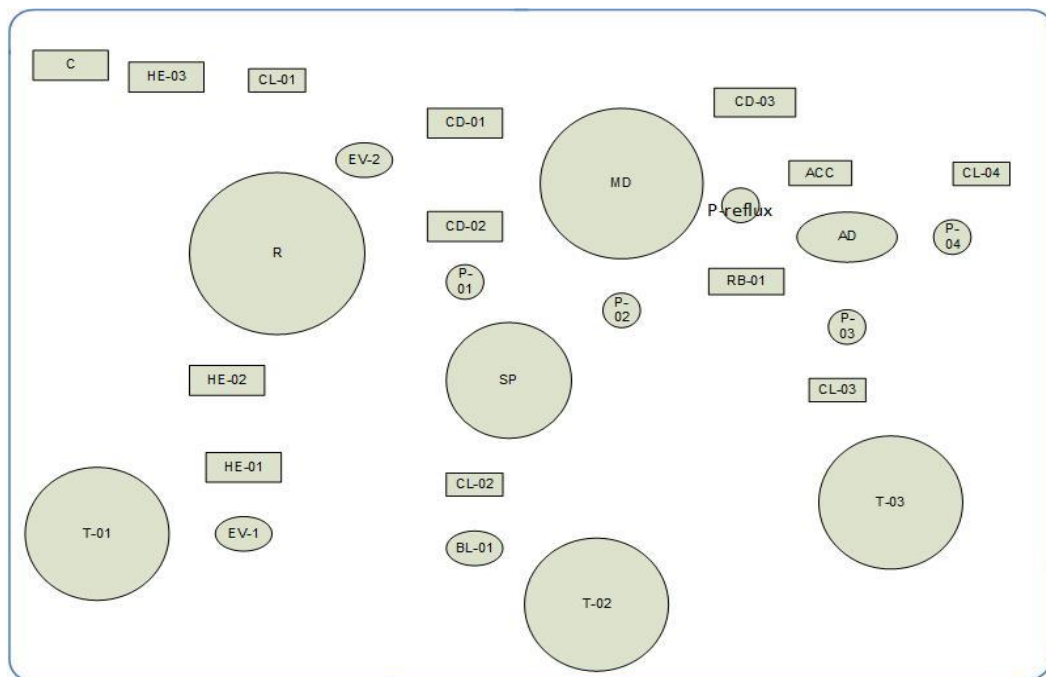
6. Jarak antar alat proses

Khusus alat proses dengan suhu dan tekanan tinggi harus dipisahkan dari alat proses lainnya, agar terhindar dari bahaya apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut.

Tata letak alat proses harus dirancang seperti demikian sehingga :

- a. Keamanan dan kelancaran produksi terjamin
- b. Pemanfaatan tanah yang lebih efisien
- c. Penekanan pengeluaran untuk hal-hal yang tidak perlu, dan pengendalian material menjadi lebih rendah.
- d. Penekanan biaya untuk alat angkut, karena tata letak yang sudah tepat
- e. Kepuasan karyawan dalam bekerja.

Pada Gambar 4.2 dibawah dapat dilihat peta situasi pabrik atau tata letak alat (*equipment lay out*) pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun.



(Skala 1 : 100)

Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Pabrik Etanol

Keterangan :

- Tangki Penyimpan bahan baku Etilen (T-01)
- Tangki penyimpan hasil atas separator (T-02)
- Tangki penyimpanan produk (T-03)
- Reaktor (R)
- Separator (SP)
- Menara Distilasi (MD)
- Reboiler (RB-01)
- Blower (BL-01)
- Kondensor (CD-01, CD-02, dan CD-03)
- Ekspansi Valve (EV-01 dan EV-02)
- Heater (HE-01, HE-02, HE-03)
- Cooler (CL-01, CL-02, CL-03, dan CL-04)
- Pompa (P-01, P-02, P-03, P-04, dan P-reflux)
- Accumulator (Acc)

4.4 Alir Proses dan Material

Proses pembuatan Etanol secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Bahan baku yang antara lain etilen (C_2H_4) sebesar 2.561,29 kg/jam, metana (CH_4) 26,41 kg/jam, etana (C_2H_6) 39,61 kg/jam, acetilen (C_2H_2) 13,20 kg/jam, dan air (H_2O) 3293,08 kg/jam, dialirkan ke dalam reaktor (R) dan direaksikan dengan bantuan katalis asam fosfat (H_3PO_4). Reaktor yang digunakan yaitu *fixedbed multitubulator reactor* ditambah dengan pendingin. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis dengan suhu 504,57 K dan tekanan 10 atm.
- b. Hasil dari reaktor berupa metana (CH_4) 26,41 kg/jam, etilen (C_2H_4) 128,06 kg/jam, etana (C_2H_6) 39,61 kg/jam, acetilen (C_2H_2) 13,2 kg/jam, dan produk etanol (C_2H_5OH) sebesar 3997,44 kg/jam, serta air (H_2O) 1728,87 kg/jam, diproses lebih lanjut masuk ke separator (SP). Hasil bawah SP dialirkan ke dalam menara distilasi (MD) untuk diproses pemurnian etanol (C_2H_5OH) dengan kadar 98%. Hasil atasnya antara lain metana (CH_4) 26,41 kg/jam, etilen (C_2H_4) 128,06 kg/jam, etana (C_2H_6) 39,61 kg/jam, acetilen (C_2H_2) 13,20 kg/jam, dan etanol (C_2H_5OH) sisa 89,94 kg/jam, dan air (H_2O) sebesar 17,29 kg/jam kemudian didinginkan untuk disimpan di tangki (T-02).
- c. Selesai dilakukannya pemurnian di MD, etanol (C_2H_5OH) yang merupakan hasil atas didapat sebesar 3712,12 kg/jam kemurnian 95% dengan suhu 80 °C, dan air (H_2O) sebesar 195,3748 kg/jam. Etanol 95% dialirkan kedalam adsorber (AD) untuk dimurnikan kadarnya menjadi 98 %, dengan kadar air diturunkan menjadi 75,7576 kg/jam, lalu disimpan dalam sebuah tangki

penyimpananan produk (T-03). Sementara hasil bawah MD yang berupa etanol (C_2H_5OH) 195,38 kg/jam dan air (H_2O) 1516,82 kg/jam dan juga hasil bawah AD berupa air 119,6172 kg/jam dialirkan untuk diolah di unit pengolahan limbah.

- d. Agar tidak terjadi pencemaran lingkungan, limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik akan diolah di unit pengolahan limbah. Limbah yang dibuang dari pabrik etanol antara lain limbah sisa proses, limbah buangan sanitasi, dan air berminyak dari pompa.

1. Limbah Sisa Proses

Sisa-sisa proses berupa air dikumpul untuk diolah di unit stabilisasi dengan memanfaatkan lumpur aktif, aerator, dan penambahan chlorin yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme yang membawa penyakit. Dan untuk limbah yang berupa gas, cerobong asap dibuat yang tinggi agar limbah gas langsung menuju keatas dengan udara sehingga lingkungan tidak tercemar.

2. Limbah buangan sanitasi

Air sanitasi juga membawa penyakit dikarenakan air sanitasi ini merupakan limbah yang berasal dari seluruh toilet dikawasan pabrik dikumpulkan untuk diolah dalam unit stabilisasi dengan memanfaatkan lumpur aktif, aerator, dan juga desinfektan *Ca-hypochlorite*.

3. Air berminyak dari pompa

Sisa atau buangan dari pelumas pompa dan alat lain membuat limbah berbentuk air berminyak. Yang harus dilakukan untuk memisahkan minyak dari air adalah dengan memanfaatkan perbedaan berat jenisnya. Minyak yang berada di atas dialirkan ke tungku pembakar, sedangkan air yang berada dibawah dialirkan ke penampungan akhir, lalu dibuang.

4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Untuk memelihara sarana atau fasilitas peralatan pabrik dilakukan perawatan (*maintenance*) dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat. Hal ini dilakukan agar kelancaran proses produksi dapat terjamin. Dengan lancarnya sistem, maka produktifitas juga tinggi, sehingga target pencapaian produksi dan spesifikasi produk yang diinginkan dapat tercapai.

Dalam kaitannya akan hal ini ada dua jenis perawatan yang dilakukan, antara lain adalah perawatan preventif yang dilakukan setiap hari agar terhindar dari kerusakan alat, dan juga membuat lingkungan alat menjadi bersih. Yang kedua yaitu perawatan periodik yang dilakukan dengan jadwal sesuai dengan pedoman yang ada. Jadwal perawata tersebut dibuat sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergiliran. Perawatan juga merupakan hal yang sangat fatal apabila tidak dilakukan. Oleh karena itu harus secara kontinyu agar tidak terjadi kerusakan karena akan membuat proses produksi berhenti.

Maintenance alat-alat proses dikerjakan dengan prosedur yang benar. Jadwal perawatan yang dilakukan pada tiap-tiap alat dapat diketahui. Berikut ini merupakan *maintenance* mesin dari alat-alat:

1) *Overhaul* 1 x 1 tahun

Perawatan ini adalah berupa perbaikan, pengecekan serta leveling alat dengan menyeluruh seperti pembongkaran alat, penggantian bagian alat yang sudah usang, kemudian saat dikembalikan kondisinya seperti semula.

2) *Repairing*

Adalah *maintenance* untuk memperbaiki bagian-bagian dari alat. Perawatan ini biasanya dilakukan dengan pengecekan alat secara rutin.

Dalam hal perawatan ada beberapa faktor yang berpengaruh, antara lain:

1. Umur alat

Seiring usia alat yang semakin tua, maka semakin sering juga perawatan yang harus dilakukan, hal ini membuat bertambahnya biaya perawatan.

2. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan jika kurang berkualitas maka akan membuat perawatan yang dilakukan akan lebih sering.

3. Tenaga manusia

Tenaga kerja yang berpengalaman akan memberikan hasil yang baik.

4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Sebagai pendukung seluruh rangkaian kegiatan proses pabrik dibutuhkan juga sarana untuk menunjang alat penting dan juga agar proses produksi berjalan dengan lancar. Sarana penunjang adalah sarana lain yang digunakan selain bahan baku dan juga bahan pembantu untuk menunjang segala proses produksi agar dapat berjalan sesuai.

Faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik salah satunya yaitu penyediaan pelayanan teknik (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

a. Unit Penyediaan Air

Penunjang kebutuhan air suatu pabrik kebanyakan memanfaatkan sumber air sumur, air sungai, air danau ataupun air laut. Dalam merancang pabrik etanol ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Berikut ini adalah pertimbangan mengapa menggunakan sumber air sungai:

- Air sungai relatif lebih mudah untuk diolah, biaya pengolahan juga relatif lebih murah dan juga sederhana apabila dibandingkan dengan proses

pengolahan air laut yang tergolong lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih mahal.

- Air sungai adalah sumber air yang berkelanjutan dengan tingkat kontinuitasnya relatif tinggi, hal ini membuat kendala kurangnya ketersediaan air dapat dihindari.

Berikut merupakan air yang dibutuhkan di lingkungan pabrik:

1) Air pendingin

Kebanyakan air digunakan sebagai pendingin dikarenakan beberapa faktor, antara lain:

- a) Lebih mudah diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Pengolahan dan pengaturannya lebih mudah.
- c) Dapat mengurangi panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah terjadi penyusutan yang besar dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

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

Hal-hal yang harus diperhatikan untuk menangani air umpan boiler adalah sebagai berikut:

- a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi merupakan kendala terbesar. Korosi di dalam boiler umumnya disebabkan air yang mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 yang masuk karena aerasi dan juga kontak dengan udara luar.

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

Kesadahan dan suhu tinggi, berupa garam karbonat dan silica menyebabkan terjadinya kerak.

c) Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air setelah proses pemanasan yang digunakan kembali dapat menyebabkan terjadinya *foaming* dalam boiler dikarenakan zat-zat organik yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek terjadi terutama pada alkalitas tinggi.

3) Air sanitasi.

Merupakan air yang akan digunakan sebagai keperluan sanitasi. Air ini digunakan untuk keperluan rumah tangga, perkantoran laboratorium, mushola. Air sanitasi harus memenuhi kualitas, 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.
- Tidak mengandung bakteri, terlebih bakteri yang pathogen.

b. Unit Pengolahan Air

Langkah-langkah pengolahan air adalah sebagai berikut:

1) *Clarifier*

Air yang diambil dari sumber harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisika maupun kimia, penambahan *desinfektan* ataupun menggunakan *ion exchanger*.

Pada awalnya *raw water* dialirkan ke dalam tangki dan diaduk dengan putaran tinggi ditambah penginjeksian bahan-bahan kimia:

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

Air baku dialirkan ke dalam *clarifier* untuk dilakukan pengendapan lumpur dan partikel padat lain, dengan penginjeksian $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, koagulan asam untuk membantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air ini dialirkan melalui bagian tengah *clarifier* kemudian diaduk dengan agitator. Air bersih yang keluar dari bagian samping *clarifier* secara *overflow*. *Sludge* (flok) yang terbentuk akan terendap secara gravitasi dan di *blowdown* dengan langkah-langkah dalam waktu yang sudah ditentukan. Air baku dengan *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity* akan turun menjadi kurang dari 10 ppm.

2) Penyaringan

Setelah diproses dalam *clarifier*, air dialirkan ke dalam *sand filter* sebagai penyaring partikel-partikel solid yang lolos bersama air dari *clarifier*. Hasil dari

sand filter dengan *turbidity* kurang lebih 2 ppm, dialirkan ke dalam tangki penampung (*filter water reservoir*).

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

3) Demineralisasi

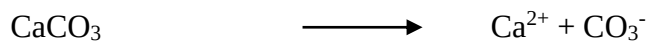
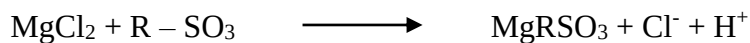
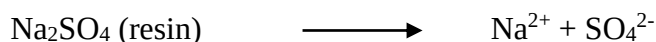
Umpan ketel (*boiler*) diperlukan air murni yang memenuhi standar bebas dari garam-garam murni. Proses ini bertujuan menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water*.

Berikut ini adalah tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel:

a) *Cation Exchanger*

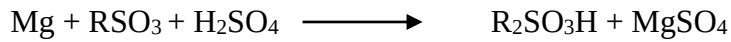
Cation exchanger berisi resin pengganti kation, pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti dengan ion H^+ . Hal ini ditujukan agar air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Pada jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh, sehingga perlu dilakukan regenerasi dengan asam sulfat.

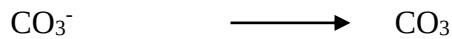
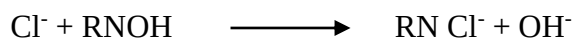
Reaksi:



b) *Anion Exchanger*

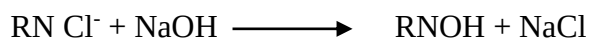
Berfungsi untuk mengikat anion yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



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

Reaksi:



c) *Deaerasi*

Deaerasi atau aerasi kembali adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang sudah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan menuju *deaerator* dan diinjeksi *Hidrazin* (N_2H_4) sebagai pengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler* dapat dihindari.

Reaksi:



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

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

Pendingin berupa air haus tidak mempunyai sifat – sifat yang membuat korosif, tidak menyebabkan kerak dan tidak mengandung hal-hal yang telah disebutkan di atas. 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.

Air yang sudah digunakan pada *cooler*, suhunya akan naik akibat transfer panas. Oleh karenanya agar bisa digunakan kembali perlu didinginkan dalam *cooling tower*.

c. Perhitungan Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.2 Kebutuhan Air untuk Pendingin (kg/jam)

Nama Alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Condensor-01	18.915,24534
Condensor-02	14.193,98498
Condensor-03	22.830,00614
Cooler-01	591,4355
Cooler-02	7,2959
Cooler-03	141,8804
Cooler-04	94,0576
Total	56.773,90586

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

$$\text{Make up air pendingin} = 20\% \times 56.773,906 \text{ kg/jam} = 11.354,78 \text{ kg/jam.}$$

2. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4.3 Kebutuhan *Steam* (kg/jam)

Nama Alat	Kebutuhan Steam (kg/jam)
Steam	3.293,08
reboiler	5.602,04
HE-01	63,60
HE-02	149,25
HE-03	64,44
Total	9.172,41

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

$$\text{Make up Steam} = 20\% \times 9.172,41 \text{ kg/jam} = 1.834,48 \text{ kg/jam}$$

3. Air Untuk Keperluan Perkantoran dan Rumah Tangga

$$\text{Dianggap 1 orang membutuhkan air} = 150 \text{ lt/hari}$$

$$\text{Jumlah karyawan + keluarga} = \pm 220 \text{ orang}$$

Tabel 4.4 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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air total} &= (56.773,90586 + 9.172,41 + 1.881,250) \text{ kg/jam} \\ &= 67.827,5672 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Diambil angka keamanan 10\%} = 1,1 \times 67.827,5672 = 74.610,3239 \text{ kg/jam.}$$

4.6.2 Unit Pembangkit *Steam*

Tujuan unit ini agar kebutuhan *steam* dalam proses produksi bisa terpenuhi.

Caranya dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) yang spesifikasinya:

Kapasitas : 1.834,48 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler dilengkapi dengan unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman yang bekerja secara otomatis.

Umpan *boiler* yang akan digunakan dalam hal ini adalah air dari water treatment plant diatur kadar silica, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terbawa dengan cara penambahan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*.

Selain itu pHnya juga perlu diatur sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi.

Sebelumnya umpan dimasukkan ke dalam *economizer* atau alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas hasil pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Pada alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C, lalu diumpankan ke *boiler*.

Pada *boiler*, api yang keluar dalam alat pembakaran (*burner*) bekerja untuk memanaskan lorong api dan juga pipa-pipa api. Gas sisa ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api membuat air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk dikumpulkan hingga mencapai tekanan 10 bar, kemudian dialirkan ke *steam header* untuk dialirkan ke area-area proses.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik

Listri pada pabrik ini disediakan oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Generator diesel digunakan sebagai tenaga cadangan apabila terjadi gangguan PLN. Generator diesel juga sebagai penggerak tenaga-tenaga yang dinilai penting seperti *boiler*, *compressor*, pompa, dan *cooling tower*. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah sebagai berikut:

Kapasitas : 200 kW

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

Diesel sendiri memiliki prinsip kerja solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas inilah yang digunakan sebagai pemutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang dapat menghasilkan tenaga listrik. Listrik kemudian didistribusikan ke panel yang kemudian akan dialirkan ke unit pengguna. Dalam pengoperasiannya sehari-hari digunakan tenaga listrik 100% dan diesel. Namun apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

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

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Pada unit ini menyediakan kebutuhan bahan bakar yang akan digunakan pada generator maupun *boiler*. Bahan bakar yang untuk generator adalah solar (*Industrial Diesel Oil*) yang didapat dari PT. Pertamina, Cilacap. Bahan bakar yang digunakan pada *boiler* adalah *Residual Oil* no. 6 yang diperoleh juga 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 11354,78 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Tipe	: <i>Axial Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 11354,78 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 51,09 gpm
Kecepatan Linier	: 0,21 ft/s
Head Pompa	: 10 ft
Tenaga Pompa	: 0,14 Hp
Tenaga motor	: 0,33 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 1270,54 rpm
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 233,58

2. Pompa Utilitas (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01) menuju bak flokulator (BF) sebanyak 11354,78 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>

Tipe	: <i>Axial Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 11354,78 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	51,09 gpm
Kecepatan Linier	: 0,208 ft/s
<i>Head</i> Pompa	: 20,004 ft
Tenaga Pompa	: 0,287 Hp
Tenaga motor	: 0,33 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 755,65 rpm
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 233,58

3. Pompa Utilitas (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak flokulator (BF) menuju Clarifier (CF) sebanyak 24980,52 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Tipe	: <i>Axial Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 24980,52 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	51,09 gpm
Kecepatan Linier	: 0,208 ft/s
<i>Head</i> Pompa	: 42,66 ft

Tenaga Pompa	: 0,61 Hp
Tenaga motor	: 0,75 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 428,215 rpm
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 233,58

4. Pompa Utilitas (PU-04)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak saringan pasir (BSP) menuju ke bak penampung air bersih (BU-02) sebanyak 24980,52 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Tipe	: <i>Mixed Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 24980,52 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 51,09 gpm
Kecepatan Linier	: 0,143 ft/s
<i>Head</i> Pompa	: 8,0012 ft
Tenaga Pompa	: 0,10095 Hp
Tenaga Motor	: 0,17 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 1502,44 rpm
Jumlah	: 2

Harga : \$ 233,58

5. Pompa Utilitas (PU-05)

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan proses dan sanitasi sebanyak 24980,52 kg/jam.

Jenis : *Centrifugal Pump Single Stage*

Tipe : *Axial Flow Impeller*

Bahan : *Stainless Steel*

Kapasitas : 24980,52 kg/jam

Kecepatan Volumetrik: 51,09 gpm

Kecepatan Linier : 0,1426 ft/s

Head Pompa : 10,0255 ft

Tenaga Pompa : 0,14054 Hp

Tenaga Motor : 0,17 Hp

Putaran Standar : 1000 rpm

Putaran Spesifik : 1268,63 rpm

Jumlah : 2

Harga : \$ 233,58

6. Pompa Utilitas (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki kation *exchanger* menuju tangki anion *exchanger* sebanyak 1834,48 kg/jam.

Jenis	: <i>Centrifugal Pump multi Stage</i>
Tipe	: <i>Radial Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 1834,48 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 8,25 gpm
Kecepatan Linier	: 0,1 ft/s
Head Pompa	: 7 ft
Tenaga Pompa	: 0,02 Hp
Tenaga Motor	: 1 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 667,24 rpm
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 233,58

7. Pompa Utilitas (PU-07)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki anion menuju tangki deaerator sebanyak 1834,48 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Tipe	: <i>Mixed Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 1834,48 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 8,254 gpm
Kecepatan Linier	: 0,34 ft/s

<i>Head</i> Pompa	: 20 ft
Tenaga Pompa	: 0,05 Hp
Tenaga Motor	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 303,77 rpm
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 593,22

8. Pompa Utilitas (PU-8)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki daerator menuju tangki umpan <i>boiler</i> sebanyak 1834,48 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Tipe	: <i>Mixed Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 1834,48 kg/jam
Kecepatan Volumetrik:	8,254 gpm
Kecepatan Linier	: 0,0354 ft/s
<i>Head</i> Pompa	: 20 ft
Tenaga Pompa	: 0,0453 Hp
Tenaga Motor	: 0,08 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 303,77 rpm
Jumlah	: 2

Harga : \$ 46,39

9. Pompa Utilitas (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki air umpan *boiler* menuju *boiler* sebanyak 1834,48 kg/jam.

Jenis : *Centrifugal Pump Single Stage*

Tipe : *Mixed Flow Impeller*

Bahan : *Stainless Steel*

Kapasitas : 1834,48 kg/jam

Kecepatan Volumetrik: 8,254 gpm

Kecepatan Linier : 0,034 ft/s

Head Pompa : 20 ft

Tenaga Pompa : 0,045 Hp

Tenaga Motor : 0,08Hp

Putaran Standar : 1000 rpm

Putaran Spesifik : 303,77 rpm

Jumlah : 2

Harga : \$ 541,18

10. Pompa Utilitas (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air dari cooling tower menuju ke bak penampung air pendingin sebanyak 45419,1247 kg/jam.

Jenis	: <i>Centrifugal Pump Single Stage</i>
Tipe	: <i>Mixed Flow Impeller</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas	: 45419.1247 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 204,36 gpm
Kecepatan Linier	: 2,27 ft/s
Head Pompa	: 8,43 ft
Tenaga Pompa	: 0,5 Hp
Tenaga Motor	: 0,5 Hp
Putaran Standar	: 1000 rpm
Putaran Spesifik	: 2889,97 rpm
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 541,18

11. Bak Pengendap Awal (BU-01)

Fungsi	: Menampung dan menyediakan air untuk diolah serta mengendapkan kotoran sebanyak 11354,78 kg/jam dengan waktu tinggal selama 3 jam.
Jenis	: Bak persegi panjang yang diperkuat beton bertulang
Panjang	: 5,7185 m
Lebar	: 2,8593 m
Tinggi	: 2,5 m

Volume	: 40,8772 m ³
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 432,84

12. Flokulator (FL)

Fungsi	: Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, sebanyak 11,3548 m ³ dengan waktu tinggal selama 1 jam.
Jenis	: Bak silinder tegak
Diameter	: 2,59 m
Tinggi	: 2,59 m
Volume	: 13,63 m ³
Power pengaduk	: 0,1274 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 432,84

13. Clarifier (CL)

Fungsi	: Menampunng sementara air yang mengalami fluktuasi dan memisahkan flok dari air sebanyak 11,354 m ³ dengan waktu tinggal selama 1 jam.
Jenis	: Bak silinder tegak dengan tutup kerucut
Diameter	: 2,59 m

Tinggi	: 3,45 m
Volume	: 13,63 m ³
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2070,32

14. Bak Saringan Pasir (BSP)

Fungsi	: Menyaring koloid-koloid yang lolos dari clarifier sebanyak 11354,78 kg /jam
Debit	: 49,9951 gpm
Tinggi	: 1,52 m
Volume	: 1,7609 m ³
Panjang	: 1,0776 m
Lebar	: 1,0776 m
Ukuran pasir rata-rata	: 28 mesh
Tinggi lapisan pasir	: 1,2638 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 432,62

15. Bak Penampung Air Bersih (BU-02)

Fungsi	: Menampung air bersih yang keluar dari bak saringan pasir sebanyak 11354,78 kg/jam.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang
Tinggi	: 2,5 m

Volume	: 40,8772 m ³
Panjang	: 5,7185 m
Lebar	: 2,8593 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 914,22

16. 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	: \$ 909,17

17. Bak Penampung Air Pendingin (BU-04)

Fungsi	: Menampung air untuk keperluan proses yang membutuhkan air pendingin sebanyak 11354,7812 kg/jam dengan waktu tinggal 2 jam.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang
Tinggi	: 1,5 m

Volume	: 27,2515 m ³
Panjang	: 6,0279 m
Lebar	: 3,0139 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 904,20

18. Cooling Tower (CT)

Fungsi	: Mendinginkan air pendingin setelah digunakan sebanyak 45419,1247 kg/jam.
Jenis	: <i>Cooling tower induced draft</i>
Tinggi	: 10,84 m
Ground area	: 4,6447 m ²
Panjang	: 2,1552 m
Lebar	: 2,1552 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 126472,33

19. Kation Exchanger (KN)

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg sebanyak 1834,4823 kg/jam.
Jenis	: Silinder tegak
Bahan konstruksi	: <i>Carbon stell SA-283 grade C</i>

Tinggi	: 1,91 m
Volume	: 0,4765 m ³
Diameter	: 0,5645 m
Tebal	: 0,0048 m
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 862,01

20. Anion Exchanger (AN)

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion-anion seperti Cl, SO ₄ dan NO ₃ sebanyak 1834,4823 kg/jam.
Jenis	: Silinder tegak
Bahan konstruksi	: <i>Carbon stell SA-283 grade C</i>
Tinggi	: 1,91 m
Volume	: 0,4765 m ³
Diameter	: 0,5645 m
Tebal	: 0,0048 m
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 6239,03

21. Tangki Deaerator (DE)

Fungsi	: Membebaskan gas CO ₂ dan O ₂ dari air yang telah dilunakkan dalam anion dan kation <i>exchanger</i>
--------	---

dengan larutan Na_2SO_3 dan larutan $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 1834,4823 kg/jam.

Jenis	: Bak silinder tegak
Tinggi	: 1,4102 m
Volume	: 2,2014 m ³
Diameter	: 1,4102 m
Jenis pengaduk	: <i>Marine propeller 3 blade</i>
Power pengaduk	: 0,125 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2188,82

22. Tangki $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (TU-01)

Tugas	: Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu operasi dengan kecepatan 11,3548 kg/jam
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 13,63 m ³
Dimensi	: D = 2,59 m L = 2,59 m
Harga	: \$ 34.014,10

23. Tangki Na₂CO₃ (TU-02)

Fungsi	: Menyiapkan dan menyimpan larutan Na ₂ CO ₃ 5 % untuk 1 minggu operasi dengan kecepatan 11,3548 kg/jam
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 13,63 m ³
Dimensi	: D = 2,59 m ; L= 2,59 m
Harga	: \$ 34.014,10

24. 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 <i>clorine</i>	: 49,6 % dalam kaporit
Kebutuhan kaporit	: 1,52 x 10 ⁻⁵ kg/jam
Tinggi	: 0,0694 m
Volume	: 0.0003 m ³
Diameter	: 0.0694 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2608,57

25. 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	: 0,422 m
Volume	: 0,003 m ³
Diameter	: 0,1422 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 93,19

26. Tangki Larutan NaCl (TU-05)

Fungsi	: Membuat larutan NaCl jenuh yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan NaCl	: 24,2705 ft ³ /hari
Tinggi	: 1,0166 m
Volume	: 0,8247 m ³
Diameter	: 1.0166 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 4.136,17

27. Tangki Larutan NaOH (TU-06)

Fungsi	: Membuat larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi anion exchanger
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan NaOH	: 6,7418 ft ³ /hari
Tinggi	: 0,6633 m
Volume	: 0,2291 m ³
Diameter	: 0,6633 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1.917,86

28. Tangki Larutan N₂H₄ (TU-07)

Fungsi	: Melarutkan N ₂ H ₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses sebanyak 1834,4823 kg/jam
Jenis	: Tangki Silinder Tegak
Kebutuhan N ₂ H ₄	: 0,055 kg/jam.
Tinggi	: 1,066 m
Volume	: 0,951 m ³
Diameter	: 1,066 m
Jumlah	: 1
Harga	:\$ 4.505,29

29. Tangki Larutan Na₂SO₄ (TU-08)

Fungsi	: Melarutkan Na ₂ SO ₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses sebanyak 1834,4823 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan Na ₂ SO ₄	: 0,055 kg/jam
Tinggi	: 1,066 m
Volume	: 0,951 m ³
Diameter	: 1,066 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 4.505,29

30. Tangki Umpan Boiler (TU-09)

Fungsi	: Menampung umpan boiler sebanyak 1834,4823 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 1,7767 m
Volume	: 4,4028 m ³
Diameter	: 1,7767 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2137,73

31. Tangki Umpan Kondensat (TU-10)

Fungsi	: Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan boiler sebanyak 1834,4823 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 1,6494 m
Volume	: 3,5222 m ³
Diameter	: 1,6494 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 5941,27

32. Tangki Dowtherm A (TU-11)

Tugas	: Menampung dowtherm A sebelum digunakan pada reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 0,0324 m ³
Dimensi	: D = 0,3019 m T = 0,4529 m
Harga	: US\$ 9.640,6123

33. Tangki Penampung Dowtherm A Sementara (TU-12)

Tugas	: Menampung dowtherm A sementara dari alat proses sebelum disirkulasi menuju CL-01 untuk didinginkan
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 3,5222 m ³
Dimensi	: D = 1,6494 m T = 1,6494 m
Harga	: \$ 16.801,3803

34. Cooler-01 (Unit Dowtherm A)

Fungsi	: Menurunkan suhu dowtherm A dari 250° C menjadi 100 °C sebelum disirkulasikan lagi menuju alat proses.
Tipe	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Luas transfer panas	: 0,0142 ft ²
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	: 0,003 jam ft ² °F/Btu
Harga	: US\$ 4,7490

35. Furnace

Fungsi	: Memanaskan dowtherm A dari suhu 298 K sampai suhu 350 K
--------	---

Beban <i>furnace</i>	: 0,0862 Kkal/jam
Bahan bakar	: Fuel oil
Bahan bakar	: 0.000215127 Kg/jam
Harga	: \$ 99,8344

36. Kompresor (KU-01)

Fungsi	: Menyediakan udara tekan untuk keperluan alat instrumentasi dan kontrol sebanyak 579,73 kg/jam.
Jenis	: <i>Single stage centrifugal compressor</i>
Kebutuhan udara tekan	: 500 m ³ /jam
Kapasitas	: 579,73 kg/jam
<i>Power</i> motor	: 0,33 Hp
Jumlah	: 2
Harga	: \$ 15248,10

37. Generator (GU)

Fungsi	: Membangkitkan listrik untuk keperluan proses, utilitas dan umum sebanyak 200 kW.
Jenis	: <i>Generator diesel</i>
<i>Power</i>	: 200 kW
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 58.276,75

38. Blower (BWU-01)

Fungsi	: Menghisap udara sekeliling ke dalam <i>boiler</i> (BO) sebanyak 6078.4881 ft ³ /jam
Kebutuhan udara	: 6078,4881 ft ³ /jam
Power motor	: 3 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1535,35

39. Boiler (BO)

Fungsi	: Memproduksi steam sebanyak 1834,48 kg/jam.
Jenis	: <i>Fire tube boiler</i>
Kebutuhan steam	: 1834,48 kg/jam
Luas transfer panas	: 2051,0499 ft ²
Jumlah <i>tube</i>	: 138 buah
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 24946,38

4.7 Laboratorium**4.7.1 Kegunaan Laboratorium**

Pengecekan pada laboratorium sebagai kelancaran proses produksi dan juga menunjang kelancaran proses produksi serta menjaga mutu produk. Hal tersebut sangatlah penting. Laboratorium kimia adalah sarana untuk dilakukannya penelitian bahan baku, proses juga produksi. Tahapan seperti ini dilakukan untuk

meningkatkan dan juga menjaga kualitas dan mutu produksi. Dilakukan analisa bahan baku dan bahan pembantu, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Selain itu, laboratorium juga mengendalikan pencemaran lingkungan, baik udara maupun air. Laboratorium kimia adalah sarana guna pembangunan perusahaan agar lebih maju dan lebih menguntungkan dalam 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

4.8 Organisasi Perusahaan

4.8.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Pabrik etanol dari etilen dan air yang akan didirikan rencana berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) adalah bentuk perusahaan yang mendapatkan modal dari penjualan saham, dimana tiap sekutu akan mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Pada Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham bertanggung jawab menyetor jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

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

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

- a) Mudah mendapatkan modal, hanya dengan menjual saham perusahaan.
- b) Kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan, karena kuasa pemegang saham terbatas
- c) Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh apabila pemegang saham berhenti, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d) Manajemen lebih efisien. 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 memperoleh modal yang sangat besar dari masyarakat, dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

- f) Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
- g) Lebih mudah mengajukan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
- h) Mudah bersaing di pasar global.

4.8.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Agar segala aktivitas dalam perusahaan dapat berjalan secara efisien dan efektif, diperlukan struktur organisasi. Struktur organisasi adalah salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan struktur organisasi yang baik atasan dan karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Secara otomatis struktur organisasi dari perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan juga tanggung jawab dari masing-masing profesional dalam perusahaan tersebut.

Agar terciptanya sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan asas-asas yang 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 berpegang terhadap asas-asas tersebut, maka didapat struktur struktur organisasi yang baik, yaitu: sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian juga pembagian tugas kerja yang baik seperti yang ada pada sistem organisasi fungsional, hal ini membuat seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Untuk mencapai kelancaran produksi diperlu staf ahli yang terdiri dari profesional-profesional yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan menyalurkan pemikiran dan saran pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Dalam perusahaan ada orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf, yaitu :

- a. Sebagai garis atau *line* adalah orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai staf adalah orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemilik perusahaan (pemegang saham), pada tugas sehari-hari diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan urusan berjalannya perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama dibantu Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi mengatur bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum mengatur bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan

pengembangan. Direktur ini mengatur kepala-kepala bagian dengan tanggungjawab atas bawahannya masing-masing sebagai pemegang wewenang dan tanggung jawab. Kepala bagian tersebut masing-masing akan membawahi beberapa seksi yang diketuai oleh kepala seksi, masing-masing seksi akan membawahi juga mengawasi karyawan perusahaan pada bidangnya. Karyawan juga dibagi dalam beberapa regu yang dipimpin oleh kepala regu masing-masing, dimana kepala regu akan bertanggung jawab terhadap pengawasan pada masing-masing seksi.

Agar tercapainya kelancaran produksi perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang profesional di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan saran kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Berikut manfaat dari adanya struktur organisasi:

- a) Menjelaskan 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.

4.8.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang merupakan orang yang memberikan modal untuk kepentingan berdirinya dan berjalannya operasi perusahaan bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham memiliki wewenang:

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

b. Dewan Komisaris

Pelaksana tugas sehari-hari dipegang oleh Dewan Komisaris, sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah:

- a) Memperhitungkan 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.

c. Dewan Direksi

Dewan Direksi (Direktur Utama) merupakan pemimpin tertinggi pada perusahaan memiliki tanggung jawab sepenuhnya terhadap maju dan mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang dipimpinnya dalam perusahaan . Direktur Utama juga memiliki bawahan antara lain Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Direktur Utama memiliki tugas antara lain:

- a) Mengatur kebijakan perusahaan dan bertanggung jawab dengan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
- b) Menjaga stabilisasi organisasi perusahaan dan membuat keberlanjutan 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 adalah:

- 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.

d. Staf Ahli

Staf ahli diisi tenaga-tenaga profesional yang bekerja membantu direksi dalam melaksanakan tugasnya baik 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) Menaikkan efisiensi kerja.

e. Kepala Bagian

1. Kepala Bagian Produksi

Mempertanggungjawabkan pekerjaannya kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

- Seksi Proses

Tugas Seksi Proses adalah:

- 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 adalah 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 limbah pabrik.

2. Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.

- b. 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 melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listrik.

3. 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. Memantau harga pemasaran dan mutu bahan baku dan mengatur keluar masuk bahan dan alat dari gudang.

- Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain:

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

4. Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

1. Tanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum pada 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. Melakukan pencatatan administrasi kantor, hutang piutang dan pembukuan serta masalah pajak.

- Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain:

- a. Mengatur tenaga kerja dengan menciptakan suasana kerja yang sebaik-baiknya antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya agar 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 adalah 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, baik karyawan maupun tamu dalam lingkungan perusahaan.
- c. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

5. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan antara lain:

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

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi:

- a. Seksi Penelitian
- b. Seksi Pengembangan

6. Kepala Seksi

Kepala seksi merupakan pelaksana pekerjaan pada bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh masing-masing kepala bagian. Tujuannya agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi.

4.8.4 Status Karyawan

Upah karyawan diatur sesuai dengan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Berdasarkan statusnya, karyawan ini dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

- Karyawan Tetap

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

- Karyawan Harian

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

- Karyawan Borongan

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

a. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik ini rencananya akan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. 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* merupakan karyawan yang menangani langsung proses produksi dan 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.

b. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

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

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	0.50
Cooler	3	0.75
Accumulator	1	0.05
Tangki	2	0.20
Pompa	4	0.80
Heater	3	0.75
Expansion valve	2	0.20
menara distilasi	1	0.25
Reboiler	1	0.05
Condenser	2	0.10
Separator Drum	1	0.25
Total		4.00

- Jumlah operator untuk alat proses = $4,00 \times 3$ Shift
 $= 12,00$ Orang
 $= 12$ orang
- Jumlah operator utilitas = $0,5 \times$ Jumlah operator produksi
 $= 0,5 \times 12$ Orang
 $= 6$ Orang

Sehingga total keseluruhan operator lapangan = 8 Orang + 4 Orang

= 18 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

No	Jabatan	Jumlah
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

No	Jabatan	Jumlah
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	4
36	Paramedis	6
37	Sopir	8
38	<i>Cleaning Service</i>	8

c. 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	55.000.000	55.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	44.000.000	44.000.000
Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum	1	44.000.000	44,000,000
Staf Ahli	2	30.000.000	60.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	25.000.000	25.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	25.000.000	25.000.000
Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran	1	25.000.000	25.000.000
Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum	1	25.000.000	25.000.000
Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	1	25.000.000	25.000.000
Kepala Bagian Personalia dan Humas	1	25.000.000	25.000.000
Kepala Seksi Keamanan	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Seksi Administrasi dan	1	17.000.000	17.000.000

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Keuangan			
Kepala Seksi Proses	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Seksi Pengendalian	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Seksi Laboratorium	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	1	17.000.000	17.000.000
Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1	17.000.000	17.000.000
<i>Foreman</i> Proses	4	12.000.000	48.000.000
Operator Proses	9	10.000.000	90.000.000
<i>Foreman</i> Teknik	4	12.000.000	48.000.000
Operator Teknik	9	10.000.000	90.000.000
<i>Foreman</i> Utilitas	4	12.000.000	48.000.000
Operator Utilitas	9	10.000.000	90.000.000
Karyawan Pembelian dan Pemasaran	4	6.000.000	24.000.000
Karyawan Administrasi dan Keuangan	3	6.000.000	18.000.000
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4	6.000.000	24.000.000
Karyawan Personalia dan Humas	3	6.000.000	18.000.000
Karyawan Keamanan	7	5.000.000	35.000.000
Karyawan Proses	9	6.000.000	54.000.000
Karyawan Pengendalian	6	6.000.000	36.000.000

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Karyawan Laboratorium	3	6.000.000	18.000.000
Karyawan Utilitas dan Pemeliharaan	9	6.000.000	54.000.000
Sekretaris	3	6.000.000	18.000.000
Medis	4	8.000.000	24.000.000
Paramedis	6	5.500.000	33.000.000
Sopir	8	3.000.000	24.000.000
<i>Cleaning Service</i>	8	2.000.000	16.000.000
Total	135		1.307.000.000

4.8.5 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.

4.8.6 Manajemen Produksi

Manajemen produksi fungsi utamanya adalah mengadakan segala kegiatan untuk memproses bahan baku dengan mengatur pemakaian faktor-faktor produksi sedemikian rupa. Manajemen produksi merupakan salah satu dari manajemen perusahaan. Diharapkan proses produksi berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Yang termasuk ke dalam manajemen produksi antara lain manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan dari perencanaan dan pengendalian produksi yaitu diperolehnya kualitas produksi sesuai dengan rencana dan dengan jangka waktu yang tepat. Meningkatkan kegiatan produksi harus diikuti juga dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar terhindar dari terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

a. Perencanaan Produksi

Faktor eksternal dan internal dalam perencanaan produksi perlu diperhatikan. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal merupakan kemampuan internal pabrik itu sendiri.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan :

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

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

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

2. Kemampuan Pabrik

Kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain :

- a. Material (Bahan Baku)

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

- b. Manusia (Tenaga Kerja)

Tenaga kerja harus mempunyai keterampilan lebih, oleh karena itu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilan meningkat.

c. Mesin (Peralatan)

Jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin harus diperhatikan. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

b. Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi berjalan perlu diawasi dan dikendalikan proses produksinya agar proses berjalan dengan baik. Dengan pengendalian produksi diharapkan didapat produk dengan mutu tinggi sesuai dengan standar dan dalam 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 waktu

Agar tercapai kualitas waktu juga harus diatur waktu agar lebih efisien.

3. Pengendalian bahan proses

Bahan proses juga menentukan kualitas produksi dikarenakan alat-alat yang digunakan harus menggunakan bahan yang sesuai juga. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan dan memenuhi kualitas.

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. *pShut 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 etanol beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2020. 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 2020 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1955 sampai 2020, 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
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4

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

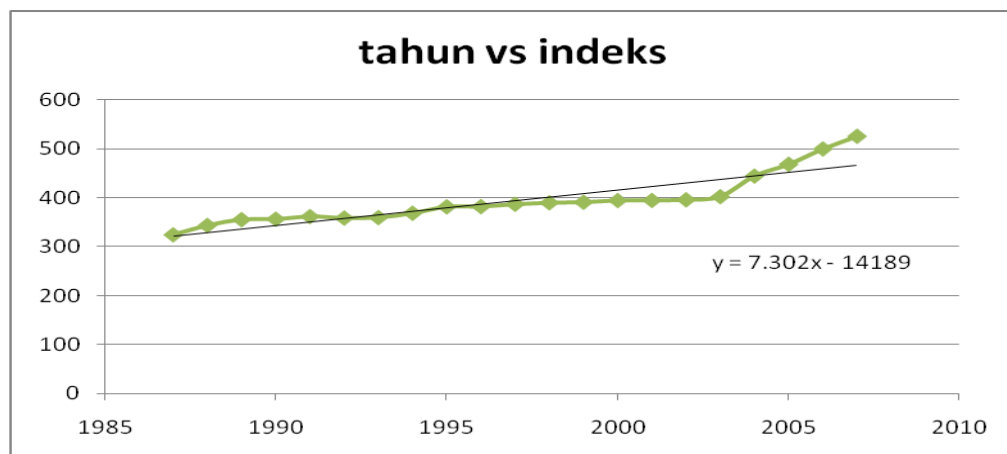
Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 7,302x - 14189$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2020 adalah:

Tabel 4.11 Harga indeks pada tahun perancangan

Tahun	index
2008	473.42
2009	480.72
2010	488.02
2011	495.32
2012	502.62
2013	509.93
2014	517.23
2015	524.53
2016	531.83
2017	539.13
2018	546.44
2019	553.74
2020	561.04
2021	568.34

Jadi indeks pada tahun 2020 = **561,04**

**Gambar 4.3** 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 :

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2020

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

N_x : Index harga pada tahun 2020

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

4.9.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi etanol = 30.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Pabrik didirikan pada tahun = 2020

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 13.115,-

Harga bahan baku (ethylene) = Rp 302.420.232.605,-

Harga bahan pembantu

- Katalis (Asam fosfat) = Rp 10.134.980,-
- Harga Jual = Rp 491,143,635,000,-

4.9.3 Perhitungan Biaya

a. *Capital Investment*

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

Capital *investment* terdiri dari:

1. *Fixed Capital Investment*

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

2. *Working Capital Investment*

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

b. *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:

1. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

2. *Indirect Cost*

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

3. *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.

- c. *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:

a. Percent Return On Investment

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

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

b. 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.

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(KeuntunganTahunan + Depresiasi)}$$

c. 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

d. 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.

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

e. *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

4.9.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik etanol 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	12.408.161.834,57	946.104,60
2	Biaya pemasangan	2.641.449.504	201.406,75
3	Biaya pemipaan	8.614.374.011,24	656.833,7
4	Biaya instrumentasi	3.857.251.982	294.109,95
5	Biaya listrik	1.532.526.587	116.853

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
6	Biaya isolasi	609.081.454	46.442
7	Biaya bangunan	2.303.200.000	175.616
8	Biaya tanah dan perbaikan	2.031.600.000	154.906,60
9	Biaya utilitas	2.917.104.033,02	222.425,01
10	Biaya pengangkutan	3.831.316.467	292.132,4
Physical Plant Cost (PPC)		40.746.065.871,73	3.106.829,27

Tabel 4.13 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Construction Cost (34%.PEC)</i>	5.093.258.233,97	388.353,66
2.	<i>Engineering Cost (32%.PEC)</i>	5.093.258.233,97	388.353,66
	Total (DPC + PPC)	50.932.582.340	3.883.536,59

Tabel 4.14 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Contractors fee (10%.DPC)</i>	5.093.258.233,97	388.353,66
2.	<i>Contingency (10%.DPC)</i>	5.093.258.233,97	388.353,66
3.	Direct Plant Cost (DPC)	50.932.582.340	3.883.536,59
	Total	61.119.098.807	4.660.234,9

Tabel 4.15 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	302.430.367.585	23.059.883,16
2.	<i>Labor</i>	651.000.000	49.637,8
3.	<i>Supervisor</i>	162.750.000	12.409,45
4.	<i>Maintenance</i>	6.111.909.881	466.024,39
5.	<i>Plant Suplies</i>	916.786.482,11	69.903,66
6.	<i>Royalty and Patent</i>	4.911.436.350	374.490
7.	Bahan utilitas	21.550.922.629,18	1.643.227,04
	Total	336.735.172.926,97	25.675.575,52

Tabel 4.16 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	<i>Payroll Overhead</i>	97.650.000
2	<i>Laboratory</i>	65.100.000
3	<i>Plant Overhead</i>	325.500.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	49.114.363.500
Total IMC		49.602.613.500

Tabel 4.17 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1.	Depresiasi	466.024,39	6.111.909.880,76
2.	<i>Property tax</i>	46.602,44	611.190.988
3.	Asuransi	46.602,44	611.190.988
	Total	559.229,27	7.334.291.856,91

Tabel 4.18 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	336.735.172.926,97	25.675.575,52
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	49.602.613.500	3.782.128,36
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	7.334.291.856,91	559.229,27
	Total	393.672.078.283,88	30.016.933,15

Tabel 4.19 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	13.746.834.890	1.048.177
2.	<i>Inproses Inventory</i>	596.472.845,88	45.480,2
3.	<i>Product Inventory</i>	17.894.185.376,54	1.364.406.05
4.	<i>Extended credit</i>	22.324.710.681,82	1.702.227,27

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
5.	<i>Available cash</i>	35.788.370.753,08	2.728.812,10
	Total	90.350.574.547,55	6.889.102,14

Tabel 4.20 *General Expense (GE)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Administrasi	11.810.162.348,52	900.507,99
2.	<i>Sales expense</i>	19.683.603.914,19	1.500.846,66
3.	<i>Research</i>	15.746.883.131,36	1.200.677,33
4.	<i>Finance</i>	3.029.393.467,10	230.986,92
	Total	50.270.042.861,17	3.833.018,90

Tabel 4.21 Total biaya produksi

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	393.972.078.283,88	30.016.933,15
2.	<i>General Expense</i>	50.270.042.861,17	3.833.018,90
	Total	443.942.121.145,05	33.849.952,05
	Total (Rp)	443.942.121.145,05	

Tabel 4.22 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1.	Depresiasi	466.024,39	6.111.909.881
2.	<i>Property tax</i>	46.602,44	611.190.988
3.	Asuransi	46.602,44	611.190.988
	Total	559.229,27	7.334.291.857
	Total Fa (Rp)	7.334.291.857	

Tabel 4.23 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	302.430.367.585
2	<i>Packing and shipping</i>	49.114.363,5
3	Utilitas	21.550.922.629
4	<i>Royalties & patents</i>	4.911.436.350
	Total Va	378.007.090.064

Tabel 4.24 *Regulated cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Gaji karyawan	15.684.000.000	1.195.882,58
2	Payroll overhead	97.650.000	7.445,67
3	Supervision cost	162.750.000	12.409,45
4	Laboratorium	65.100.000	4.963,78
5	Plant Suplies	916.786.482	69.903,66
6	Maintenance cost	6.111.909.881	446.024,39
7	Plant overhead	325.500.000	24.818,91
8	General expenses	50.270.042.861	3.833.018,90
	Total Ra	73.633.739.224	5.614.467,34
	Total Ra (Rp)	73.633.739.224	

4.9.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk *Ethanol* = Rp 16.371,45/kg

Annual Sales (Sa) = Rp 491.143.635.000

Total Cost = Rp 443.942.121.145,05 (-)

Keuntungan sebelum pajak = Rp 47.201.513.854,95

Pajak Pendapatan = 20%

Keuntungan setelah pajak = Rp 37.761.211.083,96

4.9.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

a. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

$$ROI \text{ sebelum pajak} = 77 \%$$

$$ROI \text{ sesudah pajak} = 62 \%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

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

$$POT \text{ sebelum pajak} = 1,15 \text{ tahun}$$

$$POT \text{ sesudah pajak} = 1,39 \text{ tahun}$$

c. *Break Even Point (BEP)*

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

$$BEP = 47,77 \%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 35,86 \%$$

e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 61.119.098.807,59

Working Capital = Rp 90.350.574.547,55

Salvage Value (SV) = Rp 6.111.909.880,76

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

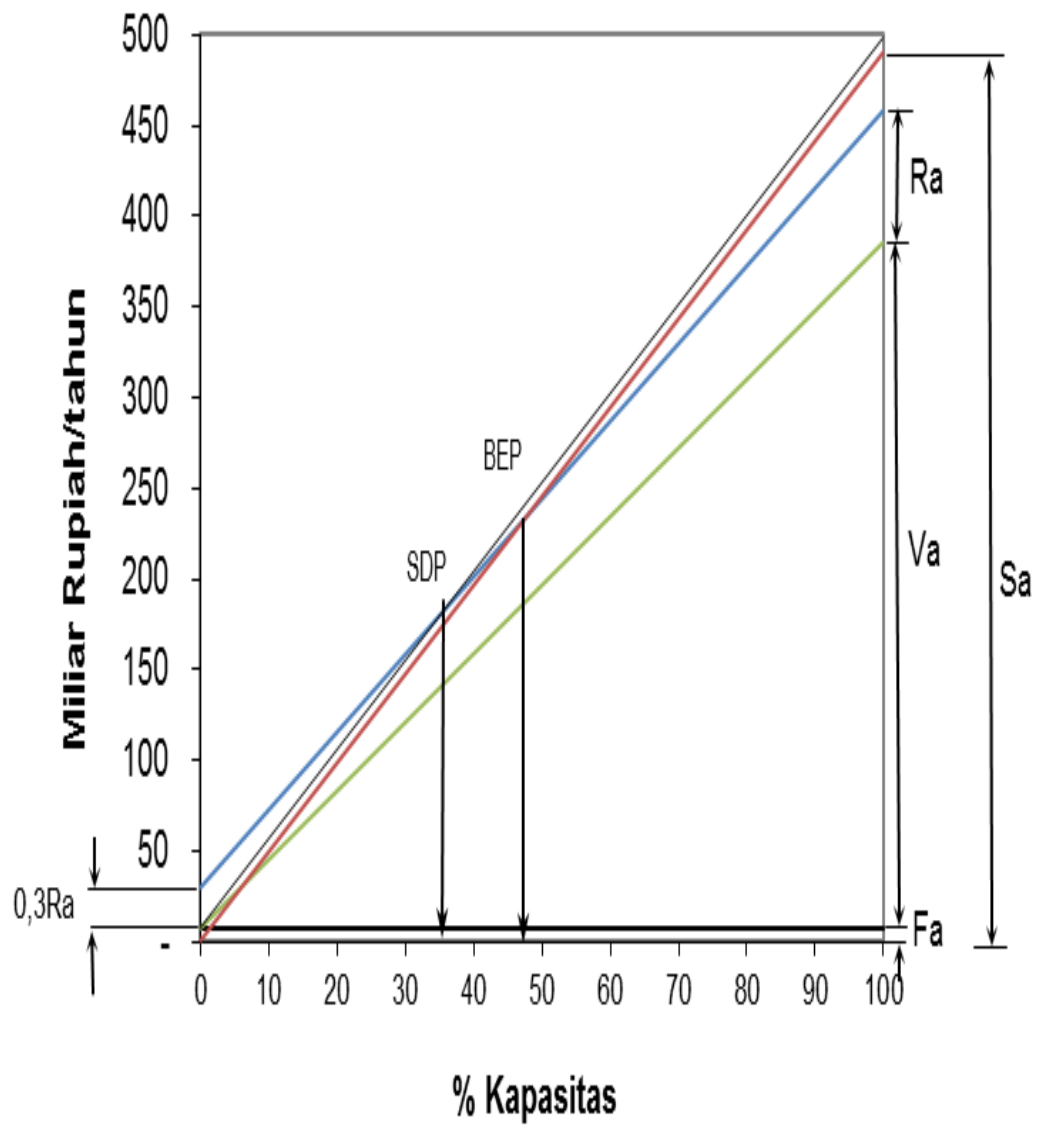
CF = Rp 46.902.514.431,82

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

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

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 18,70 \%$



Gambar 4.4 Grafik hubungan % kapasitas VS Miliar rupiah

BAB V

PENUTUP

Pada pra rancangan pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak didirikan dan dengan resiko yang rendah karena:

1. Bahan yang digunakan adalah:
 - a. Bahan yang tidak sulit ditangani
 - b. Bahan baku tidak berbahaya bagi lingkungan
 - c. Bahan baku yang mudah didapat
 - d. Transportasi produk yang mudah
2. Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak	: Rp 47.201.513.854,95/tahun
Keuntungan setelah pajak	: Rp 37.761.211.083,96/tahun
 - b. Return On Investment (ROI) :

ROI sebelum pajak sebesar	: 77 %
ROI setelah pajak sebesar	: 62 %
 - 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	: 1,15 tahun
POT setelah pajak selama	: 1,39 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) : 47,77 %
- g. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%. (Aries and Newton, 1954)
- h. Shut Down Point (SDP) : 35,86 %.
- i. Discounted Cash Flow (DCF) sebesar : 18,70 %

Suku bunga deposito di bank saat ini adalah 6,5% (www.bi.go.id diakses pada 14 Agustus 2016 (21 Juli 2016)). Syarat minimum DCF harus diatas suku bunga deposito bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga deposito bank (Aries and Newton, 1954).

Berdasarkan hasil analisa ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Badan Pusat Statistik, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta, 2003-2009
- Brown, G.G., Katz, D.L., 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*, McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Bank Indonesia, “*Suku bunga deposito bank tahunan*”, <http://www.bi.go.id>, diakses tanggal 7 Agustus 2016.
- Matches, “*Equipment costs*”, <http://www.matche.com>, diakses tanggal 5 Agustus 2016.

Direktorat Jenderal Pajak “*Norma perhitungan*”, <http://www.pajak.go.id>, diakses tanggal 5 Agustus 2016

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

- Rikardo, R., & Saputra, A., “*Pra Rancangan Pabrik Ethanol dari Etilen dan Air dengan Kapasitas 35.000 Ton / Tahun*”, Skripsi, tidak diterbitkan, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, 2012.
- R.K.Sinnot, “*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.

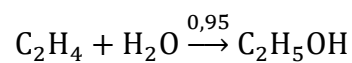
LAMPIRAN

REAKTOR

Jenis	: Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi antara etilen dan air menjadi etanol.
Kondisi Operasi	: Suhu = 227 °C Tekanan = 10 atm Reaksi = Eksotermis
Tujuan	:

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung pressure drop
3. Menghitung berat katalis
4. Menghitung waktu tinggal dalam reaktor
5. Menentukan dimensi reaktor

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:



1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Zat pereaksi berupa fasa gas dengan katalis padat.
- b. Umur katalis panjang.
- c. Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin berlangsung optimal.

- d. Tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
- e. Pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe shell and tube

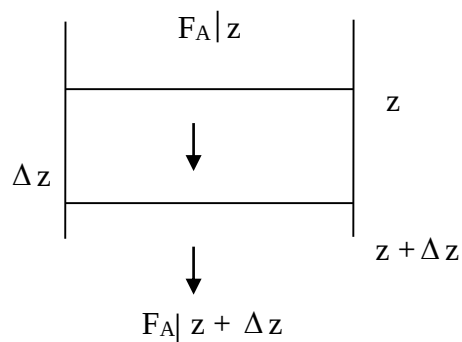
(Hill, hal 425-431)

2. Persamaan – persamaan Matematis Reaktor

a. Neraca massa reaktor

Reaksi berlangsung dalam keadaan steady state dalam reaktor setebal ΔZ dengan konversi X. Neraca massa C_2H_5OH pada elemen volume :

Input – Output – Yang bereaksi = 0



Input - Output - Yang Bereaksi = 0

$$F_A|_z - (F_A|_{z+\Delta Z} + (-r_a) \Delta v) = 0$$

$$\Delta v = \frac{\pi D_i^2}{4} \varepsilon \Delta Z$$

Δv = volume gas diantara katalis pada elemen volum

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta Z} - (-r_a) \pi/4 D_i^2 \varepsilon \cdot \Delta Z = 0$$

$$\frac{F_A|_{z+\Delta Z} - F_A|_z}{\Delta Z} = (-r_a) \pi/4 D_i^2 \varepsilon$$

$$\frac{-F_A}{\Delta Z} = \frac{-r_A \cdot \pi D_i^2}{4} \varepsilon$$

$$\text{Dimana } F_A = -F_{Ao} (1 - X_A)$$

$$\Delta F_A = -F_{Ao} \cdot \Delta X_A$$

$$F_{Ao} \cdot \frac{\Delta X_A}{\Delta Z} = \frac{-(r_A) \pi D_i^2}{4} \varepsilon$$

$$\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} = \frac{-(r_A) \pi D_i^2}{4 F_{Ao}} \varepsilon$$

$$\text{Lim } \Delta Z \longrightarrow 0$$

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r_A) \pi D_i^2 \varepsilon}{4 F_{Ao}}$$

$$\text{dimana : } \frac{dX_A}{dz} = \text{perubahan konversi persatuan panjang}$$

$$\varepsilon = \text{porositas}$$

$$(-r_A) = \text{kecepatan reaksi} = k C_A \cdot C_B$$

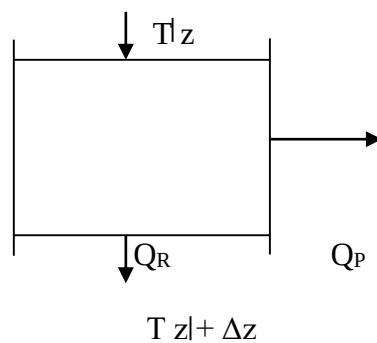
$$Z = \text{tebal tumpukan katalisator}$$

$$D_i = \text{diameter dalam pipa}$$

Komposisi Dengan Perhitungan Kapasitas

Input	Massa, Kg/Jam	Output	Massa, Kg/Jam
CH ₄	26,4050	CH ₄	26.4050
C ₂ H ₄	2561.2862	C ₂ H ₄	128.0638
C ₂ H ₆	39.6075	C ₂ H ₆	39.6075
C ₂ H ₂	13.2025	C ₂ H ₂	13.2025
C ₂ H ₅ OH	0.0000	C ₂ H ₅ OH	3997.4389
H ₂ O	3293.0823	H ₂ O	1728.8658

b. Neraca panas elemen volume



Q_R = panas reaksi

Q_P = panas yang dibuang, ada pendinginan

$$\text{Input} - \text{Output} = \text{Acc}$$

$$\Sigma m.C_p (T|_z - T_o) - [(\Sigma m.C_p) (T|_{z+\Delta z} - T_o) + Q_R + Q_P]$$

$$\Sigma m.C_p (T|_z - T|_{z+\Delta z}) = Q_R + Q_P$$

$$(\Sigma m.C_p) (-\Delta T) = Q_R + Q_P$$

$$Q_R = \Delta H_R F_{A0} \Delta X_A$$

$$Q_P = UA (T - T_s)$$

$$A = \pi D_o \Delta Z$$

$$Q_p = U \pi D_o \Delta Z (T - T_s)$$

$$(\Sigma m.C_p) (-\Delta T) = \Delta H_R \cdot F_{Ao} \cdot \Delta X_A + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)$$

: ΔZ

$$(\Sigma m.C_p) \left(\frac{-\Delta T}{\Delta Z} \right) = \Delta H_R \cdot F_{Ao} \cdot \left(\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} \right) + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)$$

$$\left(\frac{-\Delta T}{\Delta Z} \right) = \frac{\Delta H_R \cdot F_{Ao} \cdot \left(\frac{\Delta X_A}{\Delta Z} \right) + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)}{(\Sigma m.C_p)}$$

$$\lim \Delta Z \longrightarrow 0$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{\Delta H_R \cdot F_{Ao} \cdot \left(\frac{dX_A}{dZ} \right) + U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta Z (T - T_s)}{(\Sigma m.C_p)}$$

Dimana:

$$\frac{dT}{dZ} = \text{Perubahan Suhu persatuan panjang katalis}$$

$$\Delta H_R = \text{Panas Reaksi}$$

$$U = \text{Overall heat transfer coefficient}$$

$$D_o = \text{Diameter luar}$$

$$T = \text{Suhu gas}$$

$$T_s = \text{Suhu penelitian}$$

$$T_s = \text{Kapasitas panas}$$

c. Neraca panas untuk pendingin

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A yang stabil pada suhu 93,3 – 540 °C

Komposisi Dowtherm A : - 73,5 % Diphenyl Oxyde
- 26,5 % Diphenyl

Sifat-sifat fisis Dowtherm A (T dalam K) dari Hydrocarbon Processing.

$$C_p = 0,11152 + 3,402 \cdot 10^{-4} T, \text{ cal/g.K}$$

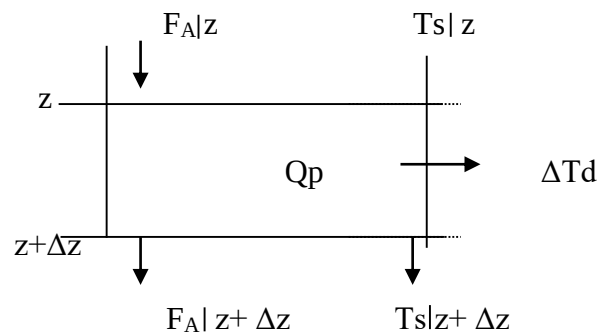
$$\rho = 1,4 - 1,0368 \cdot 10^{-3} T, \text{ gr/cm}^3$$

$$\mu = 35,5898 - 0,04212 T, \text{ gr/cm.Jam}$$

$$k = 0,84335 - 5,8076 \cdot 10^{-4}, \text{ cal/Jam.Cm.K}$$

Aliran pendingin dalam reaktor searah dengan aliran gas

Neraca Panas pada elemen volum



$$m_p.C_{pp} (T_{s|z} - T_o) + Q_p - m_p C_{pp} (T_{s|z + \Delta z} - T_o) = 0$$

$$m_p.C_{pp} (T_{s|z} - T_{s|z + \Delta z}) = - Q_p$$

$$(T_{s|z} - T_{s|z + \Delta z}) = - \frac{U.\pi.Do.\Delta z.(T - T_s)}{(m.C_p)_p}$$

$$(T_{s|z} - T_{s|z + \Delta z}) / \Delta z = - \frac{U.\pi.Do.(T - T_s)}{(m.C_p)_p}$$

$$-(T_s|_{z+\Delta z} - T_s|_z) / \Delta z = - \frac{U \cdot \pi \cdot D_o \cdot (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

$$\frac{\Delta T_s}{\Delta Z} = \frac{U \cdot \pi \cdot D_o (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

$$\lim \Delta Z \rightarrow 0$$

$$\frac{dT_s}{dZ} = \frac{U \cdot \pi \cdot D_o (T - T_s)}{(m \cdot C_p) p}$$

d. Penurunan tekanan

Dalam pipa = penurunan tekanan dalam pipa berisi katalisator (Fixed bed) digunakan rumus 11.6 (chapter 11 hal 492 “ Chemical Reactor Design For Process Plants”).

$$\frac{dP}{dZ} = \frac{G}{\rho g D_p} \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \left[\frac{150(1-\varepsilon)\mu}{D_p} + 1,75G \right]$$

Dimana :

G = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm^3

ρ = Densitas gas, gr/cm^3

D_p = Densitas partikel katalisator, cm

G = Gaya Gravitasi, cm/det^2

ε = Porosity tumpukan katalisator

μ = Viskositas gas, gr/cm jam

3. Data – data sifat fisis bahan

a. Menentukan umpan Y_i masuk

Komponen	Bmi	Massa	Mol	Y_i
	(kg/kmol)	(kg/jam)	(kmol/jam)	
CH ₄	16,043	26,4050	1,6459	0,0059
C ₂ H ₄	28,054	2561,2862	91,2984	0,3289
C ₂ H ₆	30,070	39,6075	1,3172	0,0048
C ₂ H ₂	26,038	13,2025	0,5070	0,0018
C ₂ H ₅ OH	46,069	0,0000	0,000	0,0000
H ₂ O	18,015	3293,0823	182,7967	0,6586
Total		5933,58	277,5652	1,0000

b. Menentukan volume gas reaktor

$$PV = nRT$$

$$n = 277,5652 \text{ kmol/jam} = 77,1015 \text{ mol/dtk}$$

$$R = 82,05 \text{ atm.cm}^3/\text{mol.}^\circ\text{K}$$

$$P = 10 \text{ atm}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = 175.592,6008 \text{ cm/dtk}$$

c. Menentukan densitas umpan

$$\rho = \frac{P \cdot BM}{RT} = \frac{P(\text{atm}) \cdot BM\left(\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right)}{82,05\left(\text{atm} \cdot \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right) \cdot T(\text{K})} = 0,01009 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

d. Menentukan viskositas umpan

$$\mu_{gas} = A + BT + CT^2$$

Formula	A	B	C
CH ₄	3,844	0,40112	-0,00014
C ₂ H ₄	-3,985	0,38726	-0,00011
C ₂ H ₆	0,514	0,33449	0,00007
C ₂ H ₂	-11,557	0,42363	-0,00014
C ₂ H ₅ OH	1,499	0,30741	-0,00004
H ₂ O	-36,826	0,42900	-0,00001

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L. yaws)

Komponen	Yi	μ_{gas} (mikropoise)	μ_{gas} (gr/s.cm)	$BM^{0,5}$
CH ₄	0,0059	204,3325	0,00020	4,0053
C ₂ H ₄	0,3289	189,5889	0,00019	5,2966
C ₂ H ₆	0,0047	167,7945	0,00017	5,4836
C ₂ H ₂	0,0018	200,1871	0,00020	5,1027
C ₂ H ₅ OH	0,0000	155,1818	0,00016	6,7874
H ₂ O	0,6586	177,6659	0,00018	4,2444

Komponen	Yi.μi.BM ^{0,5}	Yi.BM ^{0,5}	μ _{gas} micropoise
CH ₄	0,000005	0,0238	1,2116
C ₂ H ₄	0,000330	1,7422	62,3607
C ₂ H ₆	0,000004	0,0260	0,7963
C ₂ H ₂	0,000002	0,0093	0,3657
C ₂ H ₅ OH	0,000000	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,000497	2,7952	117,0058
Total	0,000838	4,5965	181,7401

$$\mu_{\text{gas}} = 0,0000182 \text{ kg/m.s}$$

$$= 0,0001823 \text{ g/cm.s}$$

e. Menentukan konduktivitas gas umpan

$$k_{\text{gas}} = A + BT + CT^2$$

Formula	A	B	C
CH ₄	-0,00935000	0,00014028	0,00000003
C ₂ H ₄	-0,00123000	0,00003622	0,00000012
C ₂ H ₆	-0,01936000	0,00012547	0,00000004
C ₂ H ₂	-0,00358000	0,00006254	0,00000007
C ₂ H ₅ OH	-0,00556000	0,00004362	0,00000009
H ₂ O	0,00053000	0,00004709	0,00000005

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Komponen	Yi	k _{gas} (W/m.K)	yi.k _{gas} (W/m.K)
CH ₄	0,0059	0,0691	0,0004
C ₂ H ₄	0,3289	0,0480	0,0158
C ₂ H ₆	0,0047	0,0529	0,0003
C ₂ H ₂	0,0018	0,0454	0,0001
C ₂ H ₅ OH	0,0000	0,0375	0,0000
H ₂ O	0,6586	0,0365	0,0240
Total	1,0000	0,2894	0,0406

$$k_{\text{campuran}} = 0,0406 \text{ W/m.K}$$

$$= 0,1460 \text{ kJ/jam.m.K}$$

$$= 0,0349 \text{ kkal/jam.m.K}$$

f. Menentukan kapasitas panas campuran gas

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Formula	A	B	C	D	E
CH ₄	34,94200000	-0,039995700	0,00019184	-0,00000015	0,00000000
C ₂ H ₄	32,03800000	-0,01483100	0,00024774	-0,00000024	0,00000000
C ₂ H ₆	28,14600000	0,04344700	0,00018946	-0,00000019	0,00000000
C ₂ H ₂	19,36000000	0,11519000	0,00012374	0,00000007	0,00000000
C ₂ H ₅ OH	27,09100000	0,11055000	0,00010957	-0,00000015	0,00000000

H ₂ O	33,93300000	-0,00841860	0,00002991	-0,00000002	0,00000000
------------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------

(Chemical properties handbook,Mc Graw-hill Carl L.yaws)

Komponen	yi	BM (kg/kmol)	Cp joule/mol.K	Cp kjoule/kmol.K	Cp kjoule/kg.K	Cpi = yi.Cp kjoule/kg.K
CH ₄	0,0059	16,043	46,2523	46,2523	2,8830	0,0171
C ₂ H ₄	0,3289	28,054	61,171	61,171	2,1786	0,7166
C ₂ H ₆	0,0047	30,070	76,7163	76,7163	2,55123	0,0212
C ₂ H ₂	0,0018	26,038	115,8994	115,8994	4,4512	0,0081
C ₂ H ₅ OH	0,0000	46,069	93,8636	93,8636	2,0375	0,0000
H ₂ O	0,6586	18,015	34,7412	34,7412	1,0000	0,6586
Total	1,0000					1,4125

Komponen	Fi (kg/jam)	Fi.Cpi (kj/jam.K)	Cp.yi (kj/kmol.K)
CH ₄	26,4050	0,4514	0,2743
C ₂ H ₄	2561.2862	1835,3736	20,1030
C ₂ H ₆	39.6075	0,4795	0,3641
C ₂ H ₂	13.2025	0,1074	0,2117
C ₂ H ₅ OH	0.0000	0,0000	0,0000
H ₂ O	3293.0823	2168,7318	22,8796
Total	5933,5835	4005,1437	43,8327

Cp campuran = 43,83266 kJ/kmol.K

g. Menentukan panas reaksi

Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, panas yang dikeluarkan adalah

sebagai berikut:

$$\Delta H_R = \Delta H_{R298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

formula	A	B	C	D	E
C ₂ H ₄	32,0380	-0,0148	0,00025	-0,00000024	0,0000
C ₂ H ₅ OH	27,0910	0,1106	0,00011	-0,00000015	0,0000
H ₂ O	33,9330	-0,0084	0,00002	-0,00000002	0,0000

(Chemical properties handbook, Mc Graw-hill Carl L. yaws)

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH (J/mol)	ΔH (kJ/kmol)
C ₂ H ₄	52,30	52300,00	5377,64	5377,64
C ₂ H ₅ OH	-234,81	-234810,00	-100,41	-100,41
H ₂ O	-240,56	-240560,00	6999,24	6999,24
Total			12276,47	12276,47

Dari data didapat:

$$\Delta H_{R298} = -287.110,00 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_{R_{total}} = -299.587,29 \text{ kJ/kmol}$$

$$= -71.555,225 \text{ kkal/kmol}$$

h. Data sifat katalis (Asam Phosphat)

Jenis : H_3PO_4
Ukuran : $D = 0,4 \text{ cm}$
Density : $1,574 \text{ gr/cm}^3$

4. Dimensi reaktor

a. Menentukan ukuran dan jumlah tube

Diameter pipa reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Mengingat reaksi yang terjadi eksotermis, untuk itu dipilih aliran gas dalam pipa turbulen agar koefisien perpindahan panas lebih panas lebih besar.

Pengaruh ratio D_p / D_t terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator dibandingkan dengan pipa kosong yaitu h_w/h telah diteliti oleh Colburn's (smith hal 571) yaitu :

D_p/D_t	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
h_w/h	5,5	7,0	7,8	7,5	7,0	6,6

dipilih $D_p/D_t = 0,15$

dimana

h_w = koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h = koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp = diameter katalisator

Dt = diameter tube

Sehingga :

$$D_p/D_t = 0,15$$

$$D_p = 0,45 \text{ cm}$$

$$D_t = 0,45 / 0,15 = 3,0289 \text{ cm} = 1,1924 \text{ in}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka diambil ukuran pipa standar agar koefisien perpindahan panasnya baik.

Dari table 11 Kern dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{Nominal pipe size} = 1,25 \text{ in}$$

$$\text{Outside diameter} = 1,66 \text{ in} = 4,2164 \text{ cm}$$

$$\text{Schedule number} = 40$$

$$\text{Inside diameter} = 1,38 \text{ in} = 3,5052 \text{ cm}$$

$$\text{Flow area per pipe} = 1,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Surface per in ft} = 0,3556 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$\text{Aliran dalam pipa turbule dipilih } N_{Re} = 3100$$

$$N_{Re} = \frac{G_g D_t}{\mu_g}$$

$$G_t = \frac{\mu_g N_{Re}}{D_t}$$

Dalam hubungan ini:

$$\mu_g = \text{viskositas umpan} = 0,00017784 \text{ g/cm.det}$$

$$D_p = \text{Diameter katalisator} = 0,4543 \text{ cm}$$

$$G_t = \frac{(0,00018231)(3100)}{0,4543} = 1,2439 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} = 44781,90632 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{jam}}$$

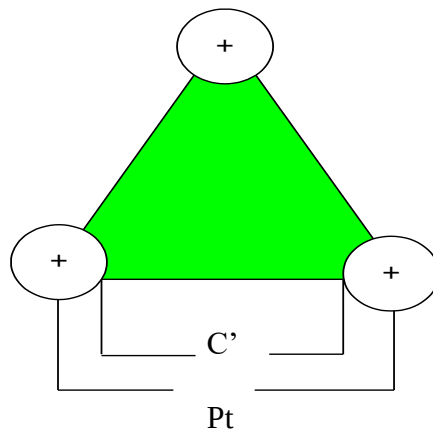
$$A_t = \frac{1648,2176}{1,2439} = 1324,9957 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang pipa} &= \left(\frac{\pi}{4} \right) ID^2 \cdot \varepsilon = \left(\frac{3,14}{4} \right) 3,5052^2 \times 0,38 \\ &= 3,6650 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah pipa dalam reaktor} = \frac{1324,9957}{9,6448} = 137,3786 \text{ buah} = 138 \text{ buah}$$

b. Menghitung diameter dalam reaktor

Direncanakan tube disusun dengan pola triangular pitch.



$$\begin{aligned} P_t &= 1,25 \times OD_t \\ &= 1,25 \times 1,66 = 2,075 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C' &= P_t - OD \\ &= 2,075 - 1,66 = 0,415 \text{ in} \end{aligned}$$

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

$$ID_s = 70,6756 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi diameter dalam reaktor} = 70,6756 \text{ cm} = 27,8251 \text{ in}$$

c. Menghitung tebal dinding reaktor

Tebal dinding reaktor (shell) dihitung dengan persamaan :

$$t_s = \frac{P.r}{f.E - 0,6.P} + C \quad (\text{Brownell, pers.13-1, p.254})$$

Dimana :

t_s = tebal shell, in

E = efisiensi pengelasan

f = maksimum allowable stress bahan yang digunakan

(Brownell, tabel 13-1, p.251)

r = jari-jari dalam shell, in

C = faktor korosi, in

P = tekanan design, Psi

Bahan yang digunakan Carbon Steel SA 283 Grade C

E = 0,85

f = 12650 psi

C = 0,125

R = ID/2 = (27,8251/2) in

P = 147 psi

Jadi P = (120/100)*P = 176,4 psi

$$\text{maka } t_s = \frac{176,4.(27,8251 / 2)}{12650.0.85 - 0,6.176,4} + 0,125$$

$$= 0,3555 \text{ in}$$

dipilih tebal dinding reaktor standar 0,4375 in

$$\text{Diameter luar reaktor} = ID + 2 \cdot ts$$

$$= 27,8251 + (2 \cdot 0,4375)$$

$$= 28,7001 \text{ in}$$

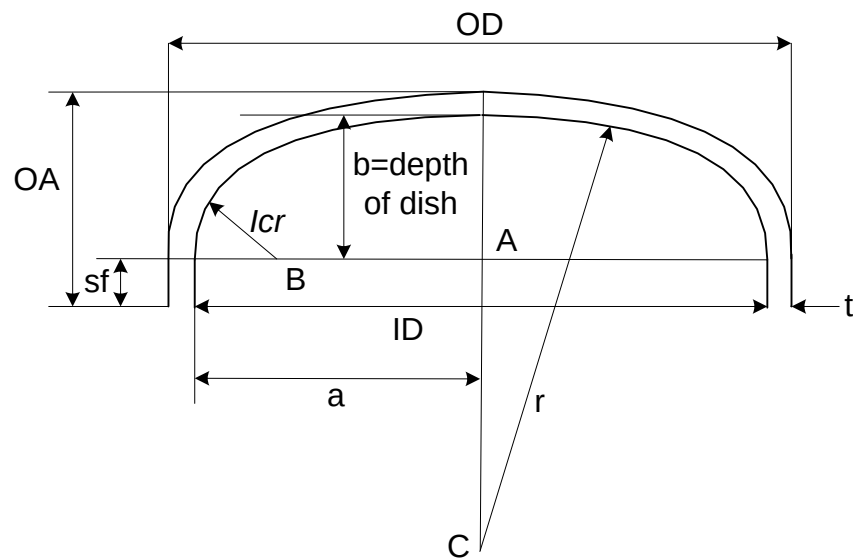
Sehingga dipilih diameter luar reaktor 30 in.

5. Menghitung head reaktor

a. Menghitung tebal head reaktor

Bentuk head : Elipstical Dished Head

Bahan yang digunakan: Carbon Steel SA 283 Grade C



Keterangan gambar :

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

- a = jari-jari dalam head
- t = tebal head
- r = jari-jari luar dish
- icr = jari-jari dalam sudut icr
- b = tinggi head
- sf = straight flange
- OA = tinggi total head

Tebal head dihitung berdasarkan persamaan :

$$t_h = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0,2.P} + C \quad (\text{Brownell, 1979})$$

- P = tekanan design, psi = 176,4 psi
- IDs = diameter dalam reactor, in = 27,8251 in
- F = maksimum allowable stress, psi = 12650 psi
- E = efisiensi pengelasan = 0,85
- C = faktor korosi, in = 0,125

$$\begin{aligned} \text{maka } t_h &= \frac{176,4.27,8251}{2.12650.0,85 - 0,2.176,4} + 0,125 \\ &= 0,3536 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih tebal head reaktor standar 3/8 in atau 0,375 in (Brownell, tabel 5,6 hal 88)

b. Menghitung tinggi head reaktor

- ODs = 30 in
- ts = 0,3555 in
- didapat : irc = 2,25 in

$$r = 36 \text{ in}$$

$$a = ID_s/2 = 13,9125 \text{ in}$$

$$AB = a - irc = 11,6625 \text{ in}$$

$$BC = r - irc = 33,75 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 31,6709 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 4,3291 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell hal 88 dengan $t_h = 3/16 \text{ in}$ didapat $sf = 1,5 - 2 \text{ in}$
 perancangan digunakan $sf = 2 \text{ in}$

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} h_H &= t_h + b + sf \\ &= (0,875 + 4,3291 + 2) \text{ in} \\ &= 7,2041 \text{ in} \\ &= 0,1830 \text{ m} \end{aligned}$$

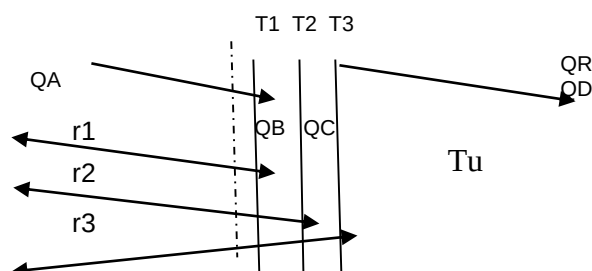
c. Menghitung tinggi reaktor

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= \text{panjang tube} + (2 \cdot \text{tinggi head}) \\ HR &= 133,8582677 \text{ in} + (2 \cdot 7,2041 \text{ in}) \\ &= 148,2664 \text{ in} \\ &= 3,7660 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Tebal isolasi reaktor

Asumsi :

- Suhu dalam reaktor = suhu permukaan dinding dalam shell = suhu pendingin rata-rata
- Keadaan steady state $Q_A = Q_B = Q_C = (Q_D + Q_R)$
- Suhu dinding luar isolasi isothermal



Keterangan :

r_1 = jari-jari dalam reaktor

r_2 = jari-jari luar reaktor

r_3 = jari-jari isolator luar

QA = Perp. Konveksi dari gas ke dinding dalam reaktor

QB = Perp. Konduksi melalui dinding reaktor

QC = Perp. Konduksi melalui isolator

QD = Perp. konveksi dari permukaan luar isolator

QR = Perp. Panas radiasi

T1 = Suhu dinding dalam reaktor

T2 = Suhu dinding luar reaktor

T3 = Suhu isolator luar

Tu = Suhu udara luar

- sifat-sifat fisis bahan

* bahan isolasi : asbestos, dengan sifat-sifat fisis (kern) :

$$K_{is} = 0,129 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = 0,93$$

* carbon steel : $k_s = 55,7483 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$

* sifat-sifat fisis udara pada suhu Tf (Holman,1988. Daftar A-5)

$$T_f = 373$$

$$v = 0,000017$$

$$k = 0,0417 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$$

$$\text{Pr} = 0,23797$$

$$\beta = 0,0032 \text{ K}^{-1}$$

$$\mu = 0,0002 \text{ g/cm.s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$r_3 = r_2 + x = 2,07 \text{ m}$$

$$r_1 = 0,3534 \text{ m}$$

$$r_2 = 2,0411 \text{ m}$$

$$L = 3,244 \text{ m}$$

a. **Perpindahan panas konduksi**

$$Q_B = \frac{2.\pi.k_s.L.(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad \text{.....(a)}$$

$$Q_C = \frac{2.\pi.k_{is}.L.(T_2 - T_3)}{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)} \quad \text{.....(b)}$$

b. **Perpindahan panas konveksi**

$$Q_D = hc.A.(T_3 - T_4)$$

$$Q_D = hc.2.\pi.r_3.L.(T_3 - T_4) \quad \text{.....(c)}$$

Karena $\text{Gr}_L.\text{Pr} > 10^9$, sehingga :

$$hc = 1,31.(\Delta T)^{1/3}$$

$$\text{Gr}_L = \frac{g.\beta.(T_3 - T_u).L^3}{\nu^2}$$

c. **Panas radiasi**

$$Q_R = \varepsilon.\sigma.A.(T_3^4 - T_4^4)$$

$$Q_R = \varepsilon.\sigma.2.\pi.r_3.L.(T_3^4 - T_4^4)$$

.....(d)

$$\sigma = 5,669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2.\text{k}^4$$

kemudian persamaan a, b, c dan d ditrial menggunakan excel dan didapat :

$$T_2 = 399,94584 \text{ K}$$

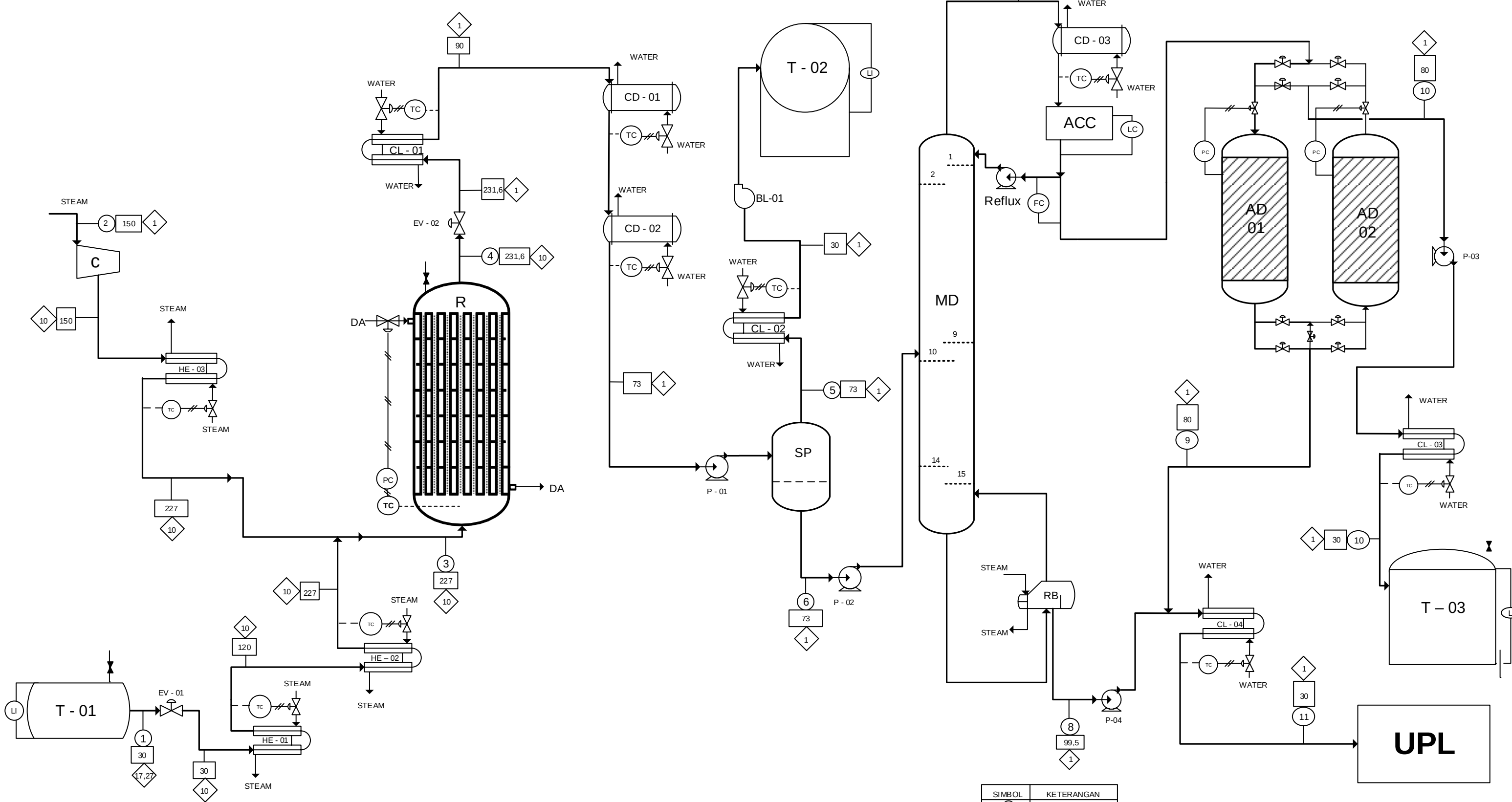
$$\text{Tebal isolasi (x)} = 3 \text{ cm}$$

Hasil simulasi menggunakan excel

Δz	0.1000		
z (m)	x	T (K)	Ts (K)
0.00000	0.00000	500,00000	373.00000
0.10000	0.08501	500,88008	373.90707
0.20000	0.16276	501,47272	374.80637
0.30000	0.23388	501,66544	375.69800
0.40000	0.29892	501,85824	376.58204
0.50000	0.35842	502,15111	377.45858
0.60000	0.41285	502,24406	378.32768
0.70000	0.46264	502,33708	379.18945
0.80000	0.50818	502,43018	380.04395
0.90000	0.54985	502,52335	380.89126
1.00000	0.58798	502,61659	381.73146
1.10000	0.62286	502,70990	382.56463
1.20000	0.65478	502,80328	383.39084
1.30000	0.68398	502,99673	384.21016
1.40000	0.71070	503,09025	385.02267
1.50000	0.73515	503,18383	385.82844
1.60000	0.75753	503,27748	386.62755
1.70000	0.77801	503,37119	387.42005
1.80000	0.79675	503,46497	388.20602
1.90000	0.81390	503,55881	388.98553
2.00000	0.82960	503,65272	389.75864
2.10000	0.84397	503,74668	390.52542
2.20000	0.85713	503,84071	391.28593

2.30000	0.86917	503,93479	392.04024
2.40000	0.88019	504,02894	392.78842
2.50000	0.89028	504,12314	393.53051
2.60000	0.89951	504,17740	394.26660
2.70000	0.90797	504,21740	394.99673
2.80000	0.91571	504,26172	395.72096
2.90000	0.92280	504,31172	396.43936
3.00000	0.92929	504,39760	397.15198
3.10000	0.93523	504.4742	397.85889
3.20000	0.94067	504,49609	398.56013
3.30000	0.94565	504,50052	399.25576
3.40000	0.95021	504.5746	399.94584
3.50000	0.95439	504,66500	400.63043
3.60000	0.95822	504,68953	401.30957
3.70000	0.96172	504,76221	401.98333

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ETANOL DARI ETILEN DAN AIR
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



KOMPONEN	Nomor Arus (kg/jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CH ₄	26,41	-	26,41	26,41	26,41	-	-	-	-	-	-
C ₂ H ₄	2.561,29	-	2.561,29	128,06	128,06	-	-	-	-	-	-
C ₂ H ₆	39,61	-	39,61	39,61	39,61	-	-	-	-	-	-
C ₂ H ₂	13,20	-	13,20	13,20	13,20	-	-	-	-	-	-
C ₂ H ₅ OH	-	-	-	3.997,44	89,94	3.907,50	3.712,12	195,38	-	3.712,12	195,38
H ₂ O	-	3.293,08	3.293,08	1.728,87	17,29	1.711,58	195,38	1.516,2	119,62	75,76	1.635,82
Total	2.640,51	3.293,08	5.933,59	5.933,59	314,51	5.619,08	3.907,5	1.711,58	119,62	3.787,88	1.831,2

KODE	KETERANGAN
AD	Adsorber
ACC	Accumulator
CD	Condenser
CL	Cooler
HE	Heat Exchanger
MD	Menara Destilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
T	Tangki
SP	Separator
C	Compressor
EV	Expansion Valve
BL	Blower

SIMBOL	KETERANGAN
PC	Pressure Controller
LC	Level Controller
LI	Level Indikator
FC	Flow Controller
TC	Temperature Controller
Nomor Arus	Nomor Arus
Suhu, C	Suhu, C
Tekanan, atm	Tekanan, atm
Control Valve	Control Valve
Electric Connection	Electric Connection
Piping	Piping
Udara Tekan	Udara Tekan
Vent	Vent



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ETANOL DARI ETILEN DAN AIR
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Dikerjakan oleh:
1. JANITA DEWI NORAJSHA (12 521 034)
2. HAIDAR (12 521 163)

Dosen pembimbing:
Dr. Ir. Farham HM. Saleh, MSIE.