

**PRA RANCANGAN PABRIK *PHENYL ETHYL*
ALCOHOL DARI STIRENA OXIDA DAN HIDROGEN
DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh :

**Nama : Noval Ramadhani
NIM : 19521198**

**Nama : Syauqy Syamil Muhammad
NIM : 19521202**

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

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK *PHENYL ETHYL ALCOHOL* DARI STIRENA OKSIDA DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Noval Ramadhani
NIM : 19521198

Nama : Syauqy Syamil Muhammad
NIM : 19521202

Yogyakarta, 9 Oktober 2023

Menyatakan bahwa naskah pra rancangan pabrik ini sudah ditulis sesuai kaidah ilmiah. Apabila dikemudian hari terbukti ada plagiasi atau pelanggaran lainnya, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

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



Noval Ramadhani
NIM. 19521198



Syauqy Syamil Muhammad
NIM. 19521202

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK *PHENYL ETHYL ALCOHOL* DARI STIRENA
OKSIDA DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Noval Ramadhani

Nama : Syauqy Syamil Muhammad

NIM : 19521198

NIM : 19521202

Yogyakarta, 6 Oktober 2023



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK *PHENYL ETHYL ALCOHOL* DARI STIRENA OKSIDA DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Noval Ramadhani

Nama : Syauqy Syamil Muhammad

NIM : 19521198

NIM : 19521202

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta :

Tim Penguji,

Ketua Penguji

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc



Anggota I

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.



Anggota II

Venitalitya Alethea SA. S.T., M.Eng



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

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

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PRARANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL DARI STIRENA OKSIDA DENGAN HIDROGEN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN”** tepat waktu.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini secara langsung maupun tidak langsung, yang terhormat :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua kami Ibu Subur Sinten, S.H., M.H., Bapak Rusno, Ibu Rosilawati dan Bapak Agus Arifin yang selalu mendo'akan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing kami, memberikan masukan, dan memberikan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat dan doa.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir.

Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 6 Oktober 2023

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN 1



Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa-doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, memberikan petunjuk, dan hanya dengan izin-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tak lupa shalawat serta salam saya haturkan kepada Nabi Agung Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan syafa'at beliau di Yaumul Akhir kelak.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Rusno dan Ibu Subur Sinten, S.H., M.H. yang telah berkorban untuk saya dalam bentuk moril dan materi serta senantiasa memberikan doa dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Dan juga tidak lupa untuk kakak saya Eka Mayasari yang selalu mensupport saya. Dan juga seluruh anggota keluarga yang saya sangat sayangi dan banggakan saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya atas semua dukungan dan semangatnya. Tentu lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terimakasih saya kepada keluarga.

Terimakasih untuk bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati kami.

Syauqy Syamil Muhammad *Partner* saya mulai dari Penelitian hingga Tugas Akhir. Terima kasih atas perjuangan, kerjasama, kesabaran dan semua

yang telah di lewatkan semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar. Dan maaf kalau selama penelitian hingga Tugas Akhir ini dari saya ada banyak kesalahan.

Untuk semua teman dan sahabat yang selalu mendukung dan membantu baik moril maupun materil yaitu Aqib, Herman, Farrell, Ilham Rafi, Inggis, Mayang, Nadia, Muti, Sri, Ayu, Manan dan Teddy.

Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia 2019 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di dalam kelas maupun di luar kelas serta segala kebaikan yang telah menolong saya semasa perkuliahan ini. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat.

Jodoh penulis kelak, kamu adalah salah satu alasan penulis menyelesaikan skripsi ini, meskipun saat ini penulis tidak tahu keberadaanmu entah di bumi bagian mana dan menggenggam tangan siapa, seperti kata Presiden RI ke-6 Bapak B.J. Habibie “Kalau memang dia dilahirkan untuk saya, kamu jungkir balik, saya yang dapat”.

Untuk diri saya sendiri, terimakasih sudah berjuang sejauh ini. Terimakasih sudah mau kuat dan tidak mengenal kata lelah.

Noval Ramadhani

Teknik Kimia UII 2019

LEMBAR PERSEMBAHAN 2



Alhamdulillah rabbil 'alamin

Dengan kerendahan hati dan penuh rasa syukur, saya ingin mengucapkan Alhamdulillahirobbil'alamin, sebagai bentuk terima kasih kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*. Dengan berkah dan rahmat-Nya, saya berhasil mencapai tahap ini dan menyelesaikan tugas akhir ini. Saya juga mengucapkan Shalawat kepada Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam*, yang merupakan panutan bagi kita semua. Kami berharap atas *syafa'at* beliau pada Hari Kiamat nanti. Semoga segala usaha ini menjadi berkah dan mendapat ridho-Nya.

Karya ini juga saya persembahkan kepada Ibunda tercinta saya yang bernama Rosilawati dan kepada Ayahanda tercinta Agus Arifin. Teruntuk juga saudara dan saudari dari keluarga yang saya cintai, Syifa Aulia, Azka Amalia, dan kembaran saya, Rizqy Syarif Muhammad.

Terimakasih untuk Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing, yang dengan sukarela meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan memberikan nasehat berharga. Keberadaan dan dedikasi Beliau telah memberikan cahaya dan arahan yang sangat berharga dalam perjalanan akademik ini. Terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.

Karya ini tentunya tidak selesai hanya dengan tangan saya sendiri, tetapi dengan bantuan partner saya Noval Ramadhani yang telah menemani, membantu,

dan mendoakan selama penelitian hingga tugas akhir ini. Dengan tulus dan penuh rasa terima kasih, saya ingin mengucapkan apresiasi atas segala perjuangan Noval yang telah dilakukan. Serta, dengan kerendahan hati, saya memohon maaf atas kesalahan-kesalahan yang mungkin telah saya buat dalam perjalanan ini. Semoga semangat ini terus membimbing langkah-langkah ke depan dengan bijaksana.

Kepada teman hidup yang saya semogakan menjadikan jodoh dengan NIM 19522273, Terima kasih tak terhingga telah menggantikan kebersamaan dan kemesraan yang telah hilang dalam hidupku. Sahabat yang menjadikan sumber kebahagiaan, kekuatan dan dukungan yang tak ternilai ialah Farrell, Ilham, Rafi, Herman, Aqib, Inggis, Mayang, Ayu, Nadia, Muti, Sri. Semoga ikatan persahabatan kita terus menguat dan tumbuh dalam kebahagiaan dan kebersamaan.

Teman-teman sepejuangan di Teknik Kimia UII terutama angkatan 2019 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala kenangan yang telah kita bagikan di dalam dan di luar kelas. Semoga kita semua sukses dalam segala hal, baik di dunia maupun di akhirat.

Untuk diri saya sendiri, Terima kasih kepada diri sendiri atas ketekunan dan ketabahan yang telah ditunjukkan selama perjalanan ini. Semua rintangan yang telah dihadapi menjadi batu loncatan menuju keberhasilan. Terima kasih, diri sendiri, karena kamu telah melewati semua hal dengan kepala tegak dan hati yang kuat.

Syauqy Syamil Muhammad

Teknik Kimia UII 2019

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN 1	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN 2	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
ABTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	2
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i>	3
1.3 Tinjauan Pustaka	7
1.3.1 Macam-Macam Proses Pembuatan Produk.....	7
1.3.2 Kegunaan Produk.....	10
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	10
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	10
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	13
BAB II.....	15
PERANCANGAN PRODUK.....	15
2.1 Spesifikasi Produk	15
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	16
2.3 Pengendalian Kualitas.....	20
2.3.1 Pengendalian Kulit dan bahan Baku.....	20
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses	20
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	23
BAB III	24

PERANCANGAN PROSES.....	24
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	24
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	24
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	25
3.2 Uraian Proses.....	25
3.2.1 Persiapan Bahan Baku.....	25
3.2.2 Tahapan Reaksi.....	26
3.2.3 Tahapan Pemurnian Produk.....	27
3.3 Spesifikasi Alat.....	28
3.3.1 Spesifikasi Reaktor.....	28
3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah.....	29
3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	32
3.3.1 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	33
3.3.1 Spesifikasi Alat Transportasi.....	34
3.3.2 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	36
3.4 Neraca Massa.....	42
3.4.1 Neraca Massa Total.....	42
3.4.2 Neraca Massa <i>Mixer</i>	42
3.4.3 Neraca Massa Reaktor.....	42
3.4.4 Neraca Massa Menara Destilasi I.....	43
3.4.5 Neraca Massa Menara Destilasi II.....	43
3.5 Neraca Panas.....	43
3.5.1 Neraca Panas <i>Mixer</i>	43
3.5.2 Neraca Panas Reaktor.....	44
3.5.3 Neraca Panas Menara Destilasi-01.....	44
3.5.4 Neraca Panas Menara Destilasi-02.....	44
3.5.5 Neraca Panas Kondensor-01.....	44
3.5.6 Neraca Panas Kondensor-02.....	45
3.5.7 Neraca Panas <i>Reboiler</i> -01.....	45
3.5.8 Neraca Panas <i>Reboiler</i> -02.....	45
3.5.9 Neraca Panas <i>Heater</i> -01.....	46
3.5.10 Neraca Panas <i>Heater</i> -02.....	46
3.5.11 Neraca Panas <i>Cooler</i> -01.....	46
3.5.12 Neraca Panas <i>Cooler</i> -02.....	46

3.5.13	Neraca Panas <i>Cooler</i> -03.....	47
3.5.14	Neraca Panas <i>Cooler</i> -04.....	47
3.5.15	Neraca Panas <i>Cooler</i> -05.....	47
BAB IV		48
PERANCANGAN PABRIK		48
4.1	Lokasi Pabrik	48
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	49
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	50
4.2	Tata Letak Pabrik	51
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses	55
4.4	Organisasi Perusahaan	56
4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	56
4.4.2	Struktur Organisasi	57
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	59
4.4.4	Status, Penggolongan Jabtan, Jumlah dan Gaji Karyawan	65
4.4.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan	69
4.4.6	Ketenagakerjaan.....	72
BAB V		74
UTILITAS.....		74
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	76
5.1.1	Unit Penyediaan Air	76
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	79
5.2	Unit Pembangkit Steam	83
5.3	Unit Pembangkit Listrik.....	84
5.4	Unit Penyedia Udara Bertekanan.....	87
5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	87
5.6	Unit Pengolahan Limbah	87
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas.....	88
4.7.1	Perancangan Pengolahan Air	88
4.7.2	Pengolahan Air Sanitasi	94
4.7.3	Pengolahan Air Pendingin.....	96
4.7.4	Pengolahan Air <i>Steam</i>	98
4.7.5	Pengolahan Air <i>Service</i>	101
4.7.6	Pompa Utilitas.....	102

BAB VI	108
EVALUASI EKONOMI	108
6.1 Evaluasi Ekonomi	108
6.2 Penaksiran Harga Peralatan.....	110
6.3 Perhitungan Biaya.....	112
6.4 Analisa Ekonomi Pabrik	117
6.5 Analisa Kelayakan	117
BAB VII.....	124
PENUTUP	124
7.1 Kesimpulan	124
7.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA.....	126
LAMPIRAN-01	128
LAMPIRAN-02	144
LAMPIRAN-03	145

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Phenyl Ethyl Alcohol di Indonesia.....	3
Tabel 1. 2 Impor Negara Asia	4
Tabel 1. 3 Pemilihan Proses Reaksi	9
Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk.....	15
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku.....	16
Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Pendukung	17
Tabel 3. 1 Spesifikasi Menara Destilasi	30
Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki	32
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Accumulator</i>	33
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	33
Tabel 3. 5 Spesifikasi Pompa	34
Tabel 3. 6 Spesifikasi Kondensor.....	36
Tabel 3. 7 Spesifikasi Reboiler	37
Tabel 3. 8 Spesifikasi Heater.....	38
Tabel 3. 9 Spesifikasi Cooler	39
Tabel 3. 10 Neraca Massa Total	42
Tabel 3. 11 Neraca Massa <i>Mixer</i>	42
Tabel 3. 12 Neraca Massa Reaktor.....	42
Tabel 3. 14 Neraca Massa Menara Destilasi-01	43
Tabel 3. 15 Neraca Massa Menara Destilasi-02.....	43
Tabel 3. 16 Neraca Panas <i>Mixer</i>	43
Tabel 3. 17 Neraca Panas Reaktor	44
Tabel 3. 19 Neraca Panas Menara Destilasi-01	44
Tabel 3. 20 Neraca Panas Menara Destilasi-02.....	44
Tabel 3. 21 Neraca Panas Kondensor-01	44
Tabel 3. 22 Neraca Panas Kondensor-02	45
Tabel 3. 23 Neraca Panas <i>Reboiler</i> -01	45
Tabel 3. 24 Neraca Panas <i>Reboiler</i> -02	45
Tabel 3. 25 Neraca Panas <i>Heater</i> -01	46
Tabel 3. 26 Neraca Panas <i>Heater</i> -02.....	46
Tabel 3. 27 Neraca Panas <i>Cooler</i> -01.....	46
Tabel 3. 28 Neraca Massa <i>Cooler</i> -02.....	46

Tabel 3. 29 Neraca Panas <i>Cooler-03</i>	47
Tabel 3. 30 Neraca Panas <i>Cooler-04</i>	47
Tabel 3. 31 Neraca Panas <i>Cooler-05</i>	47
Tabel 4. 1 Luas Bangunan dan Tanah	53
Tabel 4. 2 Jumlah dan Gaji Karyawan	67
Tabel 4. 3 Pembagian Shift Karyawan.....	71
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik.....	77
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....	77
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Steam	78
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses.....	85
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas	85
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Total.....	86
Tabel 5. 7 Spesifikasi Screening	88
Tabel 5. 8 Spesifikasi Bak Pengumpul Awal.....	89
Tabel 5. 9 Bak Pengumpul	89
Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Larutan Alum	90
Tabel 5. 11 Table Spesifikasi Bak Pengendapan I.....	91
Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Pengendapan II.....	92
Tabel 5. 13 Spesifikasi Sand Filter.....	92
Tabel 5. 14 Spesifikasi Bak Penampungan Sementara	93
Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Klorinasi	94
Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Kaporit	94
Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Air Bersih.....	95
Tabel 5. 18 Spesifikasi Bak Pendingin.....	96
Tabel 5. 19 Spesifikasi Cooling Tower	96
Tabel 5. 20 Spesifikasi Blower Cooling Tower.....	97
Tabel 5. 21 Spesifikasi Mixed Bed	98
Tabel 5. 22 Spesifikasi Tangki NaCl.....	98
Tabel 5. 23 Spesifikasi Tangki NaOH.....	99
Tabel 5. 24 Spesifikasi Tangki Demin	99
Tabel 5. 25 Spesifikasi Dearator	100
Tabel 5. 26 Spesifikasi Tangki N ₂ H ₄	101
Tabel 5. 27 Spesifikasi Tangki Air Sevice.....	101

Tabel 6. 1 Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)	110
Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC).....	113
Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC).....	113
Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment (FCI).....	114
Tabel 6. 5 Working Capital Investment.....	114
Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost.....	115
Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost	115
Tabel 6. 8 Fixed manufacturing Cost	116
Tabel 6. 9 Manufacturing Cost (MC).....	116
Tabel 6. 10 General Expense.....	116
Tabel 6. 11 Total Production Cost.....	117
Tabel 6. 12 Fixed Cost (Fa).....	120
Tabel 6. 13 Regulated Cost (Ra)	120
Tabel 6. 15 Annual Sales Value (Sa).....	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Phenyl Ethyl Alcohol di Indonesia.....	3
Gambar 1. 2 Grafik Impor Negara Singapura.....	5
Gambar 1. 3 Grafik Impor Negara China.....	6
Gambar 1. 4 Model Persamaan Model Kinetika Reaksi	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	25
Gambar 3. 3 Proses Reaksi <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i>	27
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik	48
Gambar 4. 2Denah Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol.....	54
Gambar 4. 3 Denah Tata Letak Alat Proses Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol.....	56
Gambar 4. 4 Tugas dan Wewenang.....	59
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas	74
Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan Ekonomi.....	123

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN-1	129
LAMPIRAN-2	140
LAMPIRAN-3	141

ABTRAK

Phenyl Ethyl Alcohol (PEA) adalah senyawa hasil sintesis kimia berupa cairan tidak berwarna dengan aroma mirip bunga mawar, digunakan luas dalam industri makanan, pengharum, dan kosmetik. Perkembangan industri memegang peran kunci dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Inovasi dalam industri kimia, khususnya dalam pengembangan produk antara, dianggap strategis karena menguntungkan. Oleh karena itu, merancang pabrik kimia PEA penting untuk mengurangi ketergantungan pada impor luar negeri dan memperkuat ekonomi domestik. Pabrik PEA yang diusulkan bertujuan memenuhi kebutuhan dalam negeri dengan kapasitas produksi 4.000 ton per tahun. Proses sintesis PEA melibatkan hidrogenasi stirena oksida dan hidrogen dengan katalis paladium karbon dalam reaktor semi-batch pada suhu 60°C dan tekanan 35 atm, menghasilkan produk PEA murni 99%. Inisiatif ini bukan hanya menciptakan peluang kerja baru, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi dan inovasi dalam industri kimia. Dengan produksi PEA lokal, negara dapat mengurangi ketergantungan pada pasar internasional, memperkuat industri dalam negeri, dan meningkatkan daya saing global. Dalam proses produksi, bahan baku melibatkan 4.109.980 ton/tahun stirena oksida dan 82.199 ton/tahun gas hidrogen. Pabrik memerlukan 3.970.976.225 ton/tahun air, 294,13 kW listrik, dan 37.382 m³/jam udara tekan. Evaluasi ekonomi menunjukkan skenario risiko tinggi dengan ROI sebelum pajak sebesar 46,54% dan setelah pajak 37,23%. Periode pengembalian investasi sebelum pajak adalah 1,77 tahun, dan setelah pajak adalah 2,12 tahun, dengan BEP sebesar 45,27%, SDP 29,99%, dan DCFRR 25,88%. Kesimpulannya, kelayakan ekonomi desain pabrik PEA ini memerlukan penelitian lebih lanjut dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Evaluasi Ekonomi, Hidrogenasi, Palladium Karbon, Pabrik Kimia, Phenyl Ethyl Alcohol (PEA)*

ABSTRACT

Phenyl Ethyl Alcohol (PEA), a compound derived from chemical synthesis, is a colorless liquid with a rose-like aroma, widely used in the food, fragrance, and cosmetic industries. Industrial development plays a crucial role in national economic growth. Innovations in the chemical industry, especially in intermediate product development, are strategic due to their profitability. Hence, the design of a PEA chemical plant is essential to reduce dependency on foreign imports and strengthen the domestic economic base. The proposed PEA plant aims to meet domestic demands with a production capacity of 4,000 tons per year. PEA synthesis involves hydrogenation of styrene oxide and hydrogen with palladium carbon catalyst in a semi-batch reactor at 60°C and 35 atm, resulting in 99% purity. This initiative not only creates new job opportunities but also fosters economic growth and innovation within the chemical industry. By localizing PEA production, the nation can reduce reliance on international markets, bolster domestic industries, and enhance global competitiveness. In the production process, raw materials include 4,109,980 tons/year of styrene oxide and 82,199 tons/year of hydrogen. The plant requires 3,970,976,225 tons/year of water, 294.13 kW of electricity, and 37,382 m³/h of compressed air. Economic evaluation indicates a high-risk scenario (high risk) with a pre-tax ROI of 46.54% and an after-tax ROI of 37.23%. The pre-tax payback period is 1.77 years, and post-tax is 2.12 years, with a BEP of 45.27%, SDP of 29.99%, and DCFRR of 25.88%. In conclusion, the economic feasibility of this PEA plant design warrants further investigation and is deemed suitable for establishment.

Keywords: *Economic Evaluation, Hydrogenation, Palladium Carbon, Chemical Plant, Phenyl Ethyl Alcohol (PEA)*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Phenyl Ethyl Alcohol ($C_8H_{10}O$) atau PEA merupakan suatu senyawa yang diperoleh dari sintesis bahan kimia. Senyawa ini berupa cairan tidak berwarna yang sangat mudah menguap, memiliki aroma seperti bunga mawar, dan umum digunakan pada industri makanan, pengharum, dan kosmetik (Soccol, et al., 2019). Senyawa kimia ini dapat dibuat dengan tiga proses, yaitu menggunakan reaksi grinard, reaksi friedel-craft, dan hidrogenasi stirena oksida. Bahan baku yang dapat digunakan untuk memproduksi *Phenyl Ethyl Alcohol* antara lain bromo benzena, benzena, etilen oksida dan stirena oksida. Proses pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* dengan bahan stirena oksida dapat dilakukan dengan cara menghidrogenasi stirena oksida dengan bantuan katalis padat dari logam yang memiliki gugus platinum dan di dalam reaksi terdapat senyawa basa organik maupun anorganik yang berfungsi sebagai *promoter* dan alkohol sebagai pelarut. Proses hidrogenasi stirena oksida menggunakan katalis yang tidak beracun sehingga lebih ramah lingkungan dan dalam proses ini memiliki resiko dimana gas hidrogen memiliki tekanan yang tinggi. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan penanganan dan penggunaan alat yang tepat.

Phenyl Ethyl Alcohol memiliki kandungan bakteriostatik dan antijamur sehingga digunakan dalam pembuatan krim antiseptik dan deodoran. Selain itu, produk ini banyak digunakan dalam formulasi berbagai kosmetik terutama dalam produksi sampo dan pewarna rambut yang berfungsi untuk memperbaiki tekstur

dan kualitas rambut. Pada industri kimia, *Phenyl Ethyl Alcohol* digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia seperti stirena, fenil etilester, fenil aldehid, asam fenil asetat, asam benzoat. Senyawa ini mengandung cincin aromatik, sehingga senyawa ini dapat dinitrasi, disulfonasi, atau diklorinasi untuk mendapatkan berbagai produk substitusi penting di dunia industri (Chaudhari, et al., 2000). *Phenyl Ethyl Alcohol* digunakan sebagai bahan baku oleh beberapa pabrik di Indonesia meliputi PT. Lion Wings, PT. Priskila Prima Makmur dan PT. Unilever. Manfaat dari produk *Phenyl Ethyl Alcohol* yang digunakan sebagai bahan baku di beberapa bidang serta perkembangan industri di Indonesia serta belum adanya industri di Indonesia yang memproduksi *Phenyl Ethyl Alcohol*, maka adanya pendirian pabrik tersebut sangat dibutuhkan. Diharapkan dengan adanya pendirian pabrik ini dapat memacu berdirinya pabrik lain yang menggunakan *Phenyl Ethyl Alcohol* sebagai bahan baku. Selain itu, diharapkan pendirian pabrik ini mampu meningkatkan devisa negara dengan ekspor *Phenyl Ethyl Alcohol* serta dapat memenuhi kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* dalam negeri.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

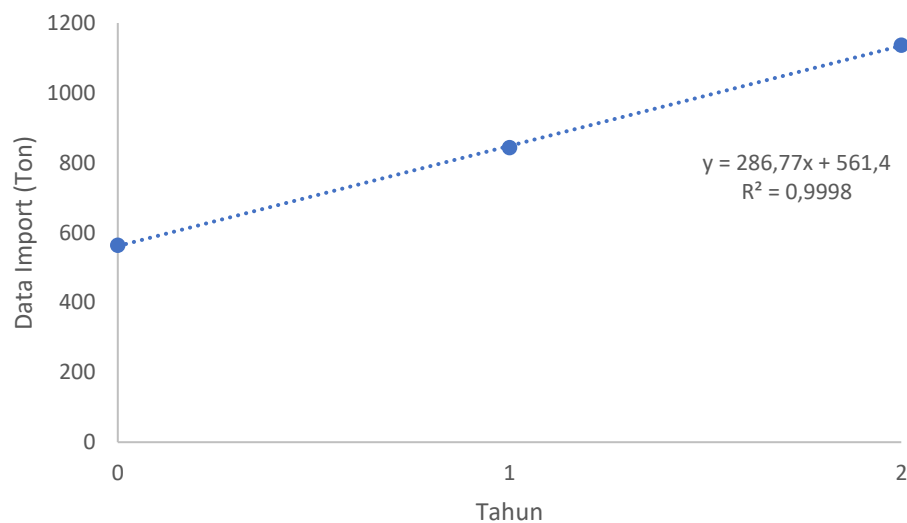
Kapasitas pabrik ditentukan berdasarkan Analisa terhadap *supply* dan *demand*. Penentuan kapasitas pabrik ini mempunyai peran penting terhadap pendirian sebuah pabrik karena berfungsi untuk menentukan jumlah produksi sesuai dengan kebutuhan pasar.

1.2.1 Proyeksi Kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol*

Kebutuhan akan *Phenyl Ethyl Alcohol* dalam negeri semakin meningkat dari tahun ke tahun berdasarkan data Badan Pusat Statistik nasional. Hal ini dapat ditinjau dari Tabel 1.1 di bawah ini

Tabel 1. 1 Data Impor Phenyl Ethyl Alcohol di Indonesia

Tahun ke-	Tahun	Jumlah Impor (Ton)
0	2019	563,38
1	2020	922,347
2	2021	1.137,31



Gambar 1. 1 Grafik Impor Phenyl Ethyl Alcohol di Indonesia

Dari data impor *Phenyl Ethyl Alcohol* yang tersedia, kebutuhan impor *Phenyl Ethyl Alcohol* dari tahun 2019-2021 mengalami peningkatan dari 563,38 Ton/tahun menjadi 1.137,31 Ton/tahun, sehingga dapat diperkirakan jika kebutuhan *Phenyl*

Ethyl Alcohol di Indonesia semakin meningkat. Kemudian dapat diperkirakan kebutuhan impor *Phenyl Ethyl Alcohol* pada tahun 2030 mendatang dengan perhitungan berikut:

$$y = 288,77x + 561,4 \quad (1.1)$$

Dengan :

X = Tahun ke-x

Y = Kebutuhan produk pada tahun ke-x (Ton/Tahun)

Sehingga, Tahun 2030 (Tahun ke-11) dengan menggunakan persamaan di atas, dapat diperkirakan impor pada tahun 2030 tahun ke-11 yaitu:

$$\begin{aligned} y &= 288,77 (11) + 561,4 \\ &= 3.715,87 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

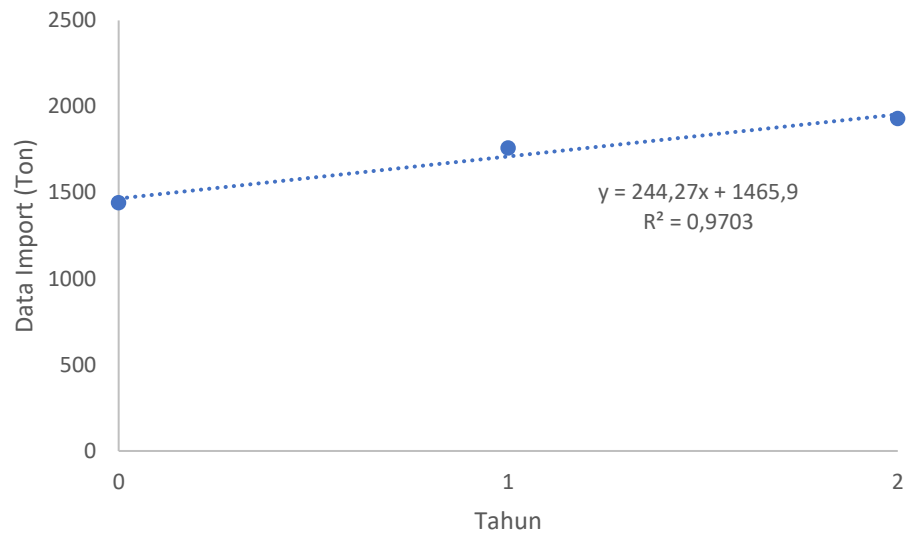
Proyeksi kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* pada negara tujuan eksport, untuk melakukan pemasaran pruduk ini di luar negeri terutama di bebebrapa negara asia, yaitu di negara Singapore dan China dengan melihat kebutuhan import *Phenyl Ethyl Alcohol* di negara tersebut.

Tabel 1. 2 Impor Negara Asia

Tahun ke-	Tahun	Impor Singapura (Ton)	Impor China (Ton)
0	2019	1.441,23	3.097,34
1	2020	1.759,47	3.277,12
2	2021	1.929.,78	3.589,89

(Sumber : <https://comtradeplus.un.org/> , 2022)

Dari data diatas, didapat grafik hubungan antara tahun dan jumlah kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* di bebrapa negara asia:

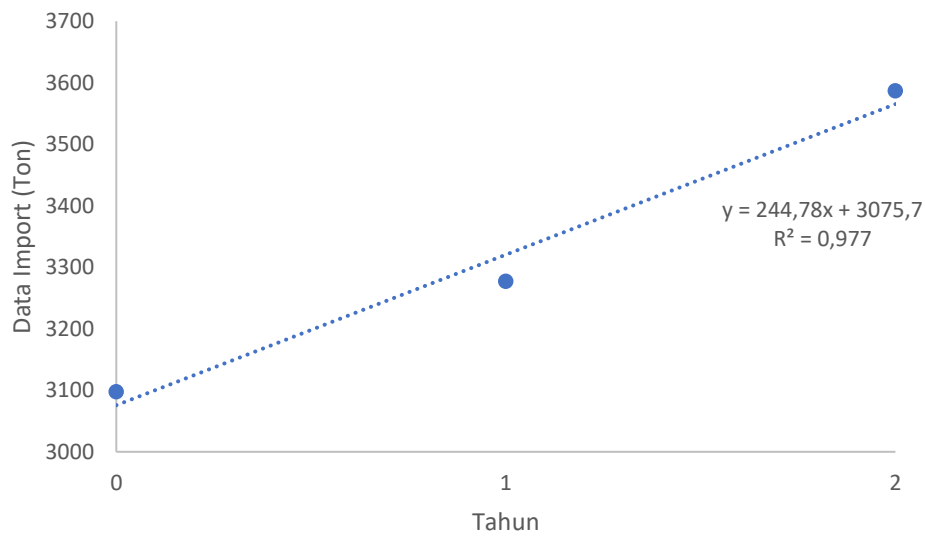


Gambar 1. 2 Grafik Impor Negara Singapura

Dari table diatas terlihat bahwa kebutuhan import *Phenyl Ethyl Alcohol* Singapore dari tahun 2019-2021 semangkin meningkat berkisar 1441-1929 Ton/Tahun, maka didapat pada tahun ke-11 sebesar

$$y = 244,27x + 1465,9$$

$$y = 4152,87 \text{ Ton /Tahun}$$



Gambar 1. 3 Grafik Impor Negara China

Dari table diatas terlihat bahwa kebutuhan import *Phenyl Ethyl Alcohol* Singapore dari tahun 2019-2021 semakin meningkat berkisar 3.097-3.590 Ton/Tahun, maka didapat pada tahun ke-11 sebesar

$$y = 244,78x + 30.75,7$$

$$y = 5.768,28 \text{ Ton /Tahun}$$

Berdasarkan pada data proyeks impor *Phenyl Ethyl Alcohol* di Indonesia dan luar negeri (Singapur dan China pada tahun 2030, dengan rentang 3.000-5.000 Ton/Tahun. Maka pabrik direncanakan akan memproduksi *Phenyl Ethyl Alcohol* sebesar 4.000 Ton/Tahun. Dari kapasitas yang telah ditentukan, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* di Indonesia serta memiliki peluang untuk Ekspor.

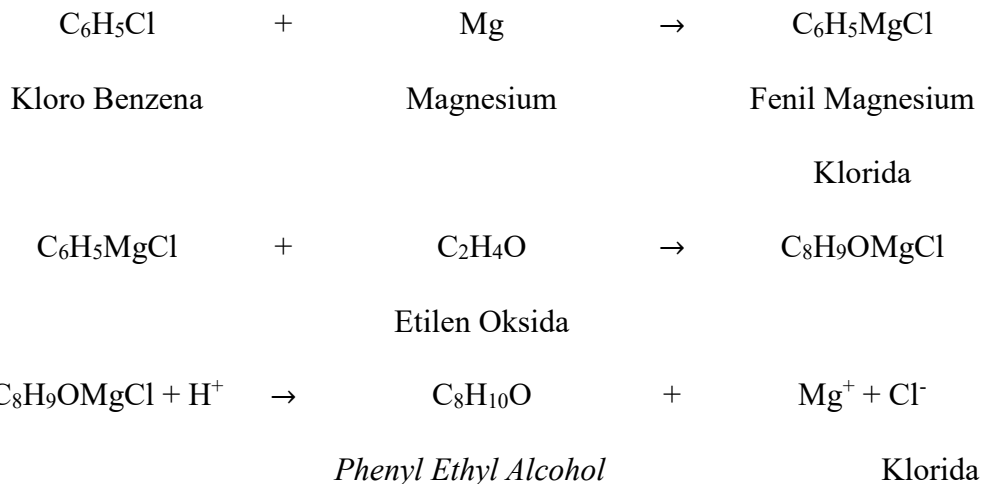
1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Macam-Macam Proses Pembuatan Produk

Phenyl Ethyl Alcohol dapat dibuat dari tiga macam proses, yaitu proses dengan reaksi Grignard, reaksi Friedel-Craft serta proses hidrogenasi stirena oksida. Ketiga proses tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Raksi Grignard

Selama 25 tahun terakhir setelah tahun 1990, reaksi Grignard digunakan untuk membuat *Phenyl Ethyl Alcohol*. Akan tetapi reaksi ini hanya dipakai untuk jumlah yang terbatas. Proses Grignard yang digunakan untuk menghasilkan *Phenyl Ethyl Alcohol* mengikuti tahap-tahap reaksi sebagai berikut:



Kondisi Operasi :

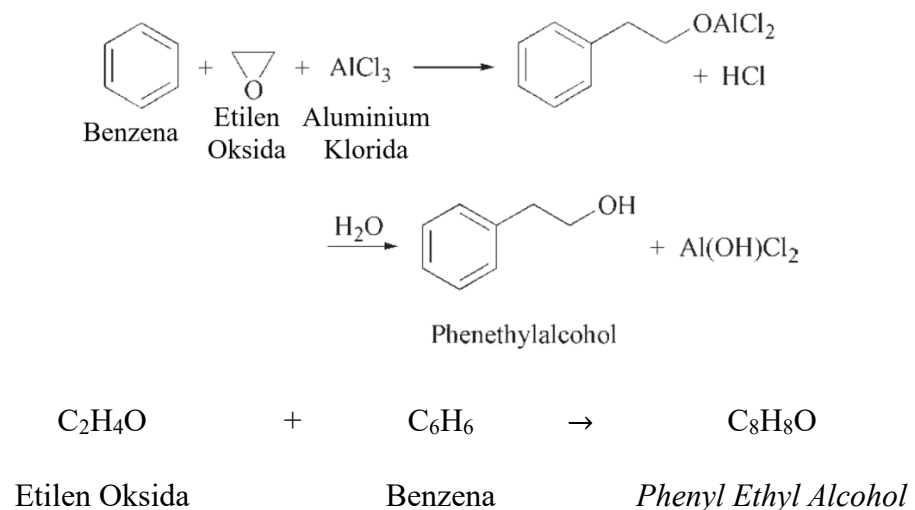
$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 100^\circ\text{C}$$

(Kirk & Othmer, 1991)

2. Reaksi Friedel-Craft

Reaksi Friedel-Crafts menggeser penggunaan reaksi sebelumnya (reaksi Grignard). Reaksi Friedel-Crafts pertama kali digunakan oleh Schaeffer pada tahun 1925, yaitu dengan mereaksikan Benzene (C_6H_6) dan Etilen Oksida (C_2H_4O) dengan menggunakan katalis $AlCl_3$. Reaksi ini menghasilkan yield 75-80% serta kemurnian 98-100%. Penggunaan Benzene berlebih dapat memberi pengaruh pada agitasi yang baik selama proses reaksi (Kirk & Othmer, 1991). Reaksi yang terjadi yaitu:



(Fahlbusch, et al., 2012)

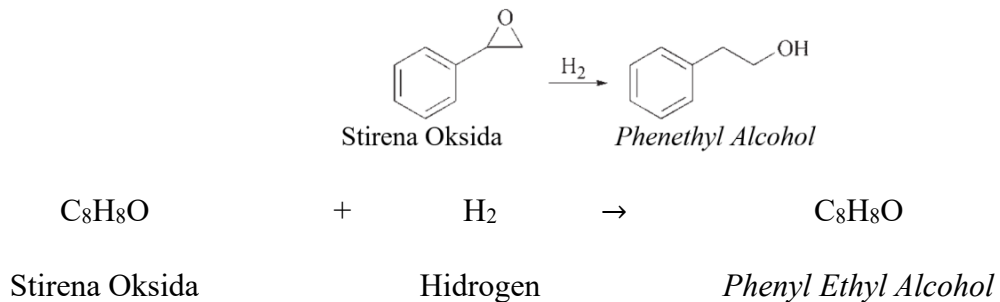
Kondisi Operasi:

P = 50 mmHg

T = 6-10 °C

3. Hidrogenasi Stirene Oksida

Pada proses ini, *Phenyl Ethyl Alcohol* dibuat dengan menghidrogenasi stirena oksida menggunakan pelarut organik dalam reaktor berpengaduk dengan bantuan katalis dari *platinum group* dan NaOH sebagai promotor. Pada proses ini pH yang digunakan antara 12 sampai 13 dan temperaturnya sebesar 30-120 °C. Setelah reaksi, produk didinginkan hingga mencapai suhu ruang, katalis dipisahkan menggunakan proses filtrasi dan produk dimurnikan menggunakan distilasi. Proses ini memberikan >99,9% konversi stirena oksida menjadi *Phenyl Ethyl Alcohol* dengan selektivitas hingga 99% (Rode, et al., 2003). Reaksi yang terjadi yaitu:



Tabel 1. 3 Pemilihan Proses Reaksi

Proses dan Prameter	Reaksi Gignard	Reaksi Friedel-Craftt	Hidrogenasi Stirene
Suhu Operasi	100°C	6-10 °C	30-120 °C
Tekanan	1 atm	0,065 atm	1-6 MPa
Konvesi	50%	75-80%	>99.9%
Kemurnian		95-100%	98-100%
Katalis	Tidak ada	AlCl ₃	Pd/C
Reactor	Fixed Bed	RATB	Semi-Bacth
Kelebihan	1. Merupakan reaksi penemuan awal	1. Kemurnian produk tinggi.	1. Konversi tinggi

<i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> .	2. Bahan baku	2. Kemurnian produk
	mudah didapat.	tinggi.
	3. Kondisi operasi	3. Tidak ada reaksi
	pada tekana dan suhu rendah.	samping.
	4. Bahan baku ramah lingkungan.	

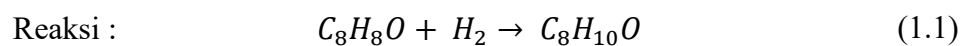
1.3.2 Kegunaan Produk

Phenyl Ethyl Alcohol, bersama dengan citronellol dan geraniol adalah bahan dasar dari pembuatan parfum mawar, juga digunakan sebagai bahan tambahan dalam memperkuat aroma mawar. Kira-kira 10-15% *Phenyl Ethyl Alcohol* yang dihasilkan digunakan untuk membuat acetate dan umum digunakan pada industri makanan, pengharum, dan kosmetik (Soccol, et al., 2019).

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Pada tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi, seperti bersifat eksotermis atau endotermis serta berlangsung secara berlawanan ataupun searah. Panas reaksi berjalan secara eksotermis, hal tersebut dapat diketahui dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298 K.



Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. 4 Harga Pada ΔH_f° Masing-Masing Komponen

Komponen	Harga ΔH_f° (kJ/mol)
Stirena Oksida (C ₈ H ₈ O)	-86,67
Hidrogen (H ₂)	
<i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> (C ₈ H ₁₀ O)	-121,12

(Sumber : Yaws, 1990 hal. 288)

Setelah menghitung nilai ΔH_f° pada masing-masing komponen, kemudian dihitung nilai entalpi pada keseluruhan.

- Entalpi keseluruhan (ΔH_r°) :

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = \Delta H_{f^\circ}^{\text{produk}} - \Delta H_{f^\circ}^{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = [\Delta H_{f^\circ}(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O})] - [\Delta H_{f^\circ}(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}) + \Delta H_{f^\circ}(\text{H}_2)]$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = [(-121,12)] - [(-86,67) + (0)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = -34,445 \text{ kJ/mol} = -34.445 \text{ J/mol}$$

Kemudian menghitung nilai *Gibbs* (ΔG_f°) keseluruhan pada reaksi yang sama pada suhu 298 K. Perhitungan nilai *Gibbs* keseluruhan komponen dapat ditinjau berdasarkan Tabel 1.5 berikut :

Tabel 1. 5 Harga ΔG_f° Pada Masing-Masing Komponen

Komponen	Harga ΔG_f° (kJ/mol)
Stirena Oksida (C ₈ H ₈ O)	-12,7
Hidrogen (H ₂)	0
<i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> (C ₈ H ₁₀ O)	-28,5

(Sumber : Yaws, 1990 hal. 318)

- Energi *Gibbs* Keseluruhan :

$$\Delta G_{r(298)}^\circ = \Delta G_{f^\circ}^{\text{produk}} - \Delta G_{f^\circ}^{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G_{r(298)}^\circ = [\Delta H_{f^\circ}(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O})] - [\Delta H_{f^\circ}(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}) + \Delta H_{f^\circ}(\text{H}_2)]$$

$$\Delta G^{\circ}_{r(298)} = [(-12,7)] - [(-28,5) + (0)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G^{\circ}_{r(298)} = -15,8 \text{ kJ/mol} = -1.580 \text{ J/mol}$$

Reaksi keseluruhan dari proses pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* merupakan reaksi eksotermis dengan kesetimbangan reaksi mengarah ke kanan dengan didapatkan nilai $\Delta H^{\circ}_r = -34,45 \text{ kJ/mol}$ yang berarti reaksi melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan, sehingga kalor dari sistem berkurang. Sedangkan untuk nilai energi *Gibbs* yang didapatkan sebesar : $\Delta G^{\circ}_r = -15,8 \text{ kJ/mol}$, yang berarti reaksi berlangsung secara spontan.

Berdasarkan persamaan 15.14 dari (Van Ness, et al., 1997), maka :

$$\ln K_1 = \left(\frac{-\Delta G^{\circ}_r}{T \cdot R} \right) \quad (1.2)$$

$$\ln K_1 = \frac{1}{T} \times \frac{-(-15,8)}{0,008314} \quad (1.3)$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{T} \times 193,64} \quad (1.4)$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) pada suhu 298 K dapat dihitung dengan persamaan (1.4) maka didapatkan :

$$K_1 = e^{\frac{1}{T} \times 1942,463}$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{298} \times 1942,463}$$

$$K_1 = 679,724$$

Pada suhu 60 °C (333,15 K), besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (1.5)$$

Dengan menghitung menggunakan persamaan (1.5) maka didapatkan :

$$\ln \frac{K_2}{679,724} = \left[-\frac{-34,45}{0,008314} \right] \left[\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K_2}{679,724} = -1,704$$

$$\frac{K_2}{679,724} = e^{-1,704}$$

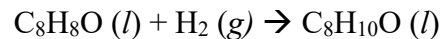
$$\frac{K_2}{679,724} = 0,182$$

$$K_2 = 123,679$$

Reaksi berjalan secara *irreversible* apabila nilai $K > 1$, dari hasil perhitungan didapatkan nilai K_1 sebesar 679,724 dan K_2 sebesar 123,679 sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible* karena nilai K bernilai positif.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia, yang meliputi ilmu yang mempelajari tentang pengukuran laju reaksi dan variabel-variabel dalam laju reaksi yaitu konsentrasi, suhu, dan tekanan. Adapun persamaan reaksi yang terbentuk yaitu :



Ditinjau dari segi kinetika reaksi, kecepatan reaksi stirena oksida dan hidrogen menjadi *Phenyl Ethyl Alcohol* adalah orde satu. Berdasarkan (Rode, et al., 2003), konstanta reaksi nilai k dapat dituliskan sebagai berikut:

Table 2
Comparison of various models for hydrogenation of styrene oxide

Model no.	Model	Temperature (K)	k (m ³ /kg s)	K_A (m ³ /kmol)	K_B (m ³ /kmol)	$\phi_{\min} \times 10^9$
(1)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^* + K_B B_1^2)}$	313	0.0276	29.71	3.33	6.34
		323	0.0314	27.71	3.85	3.32
		333	0.1313	51.99	7.85	3.93
(2)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^*)(1 + K_B B_1)}$	313	0.0612	17.65	9.34	3.09
		323	0.0989	16.40	10.32	4.72
		333	5.509	20.27	23.9	4.96
(3)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^*)^{1.5}(1 + K_B B_1)}$	313	0.0570	7.618	10.34	3.28
		323	0.0985	7.119	12.16	4.18
		333	0.5211	7.712	28.17	5.99
(4)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^*)^{1.5}(1 + K_B B_1)^{1.5}}$	313	0.0271	8.193	1.82	2.29
		323	0.0423	7.559	1.95	3.06
		333	0.126	8.378	2.40	2.92

w , concentration of catalyst (kg/m³); k , rate constant; A^* , dissolved concentration of hydrogen (kmol/m³); B_1 , concentration of styrene oxide (kmol/m³); K_A and K_B , equilibrium adsorption constants for hydrogen and styrene oxide (m³/kmol).

Gambar 1. 4 Model Persamaan Model Kinetika Reaksi

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai spesifikasi dan target pada perancangan ini, maka proses pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* dengan menggunakan *styrene oxide* sebagai bahan baku utamanya dapat dirancang berdasarkan variabel-variabel utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan bahan pembantu serta pengendalian proses.

2.1 Spesifikasi Produk

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari produk akhir berupa *Phenyl Ethyl Alcohol* yang akan dihasilkan :

2.1.1 Sifat Fisika

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Produk
	<i>Phenyl Ethyl Alcohol</i>
Rumus Kimia	C ₈ H ₁₀ O
Berat Molekul, g/mol	122,16
Wujud	Cairan
Warna	Tidak Berwarna
Densitas, kg/m ³ (25°C)	1.020
Titik Beku, °C	-27
Titik Didih, °C	218,2
Temperatur Kritis, °C	250,15
Tekanan Kritis, atm	38,29
Kemurnian, %	99,7

Sumber : MSDS PubChem, 2012

2.1.2 Sifat Kimia

Phenyl ethyl alkohol, juga dikenal sebagai alkohol primer, merupakan senyawa alkohol dengan gugus fenil yang menggantikan atom hidrogen pada posisi 2 dalam molekul etanol. Senyawa ini tergolong dalam kelompok benzene karena memiliki struktur yang mencakup cincin benzene dalam komposisi molekulnya. Ketika *phenyl ethyl* alkohol dimurnikan, proses kristalisasinya menjadi cukup sulit karena senyawa ini memiliki sifat yang sangat dingin terhadap kaca, sehingga sulit untuk membentuk kristal dengan baik. Selain itu, *phenyl ethyl* alkohol memiliki kecenderungan untuk membentuk azeotrop, campuran dengan titik didih konstan, yang dapat menyulitkan proses pemurnian lebih lanjut. Beberapa pengotor umum yang dapat ditemui dalam *phenyl ethyl* alkohol meliputi benzaldehida, benzilaseton, 1-fenil-2-propanol, dan fenilasetaldehida, yang perlu dihilangkan untuk memastikan kemurnian senyawa ini. (PubChem, 2023)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari bahan baku dan bahan pendukung yang akan dihasilkan :

2.2.1 Sifat Fisika

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Stirena Oksida	Hidrogen
Rumus Kimia	C ₈ H ₈ O	H ₂
Berat Molekul, g/mol	120,15	2,016
Wujud	Cairan	Gas
Warna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna

Tabel 2.2 ... (Lanjutan)

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Stirena Oksida	Hidrogen
Densitas, kg/m ³ (25°C)	1.054	89,88
Titik Beku, °C	-37	-259,1
Titik Didih, °C	194	-240,15
Temperatur Kritis, °C	397,14	-239,7
Tekanan Kritis, atm	41,94	12,8
Kemurnian, %	98	100
<i>Impurities</i>	H ₂ O	

Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Pendukung

Spesifikasi	Bahan Pendukung		
	<i>Palladium on activated Carbon</i>	Methanol	Natriun Hidroksida
Rumus Kimia	Pd/C	CH ₃ OH	NaOH
Berat Molekul, g/mol	166,52	32,04	40
Wujud	Padatan	Cairan	Cairan
Warna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna
Densitas, kg/m ³ (25°C)	1.12	791	2.130
Titik Beku, °C	16,66	-98	39,99
Titik Didih, °C	118	64,7	-93
Temperatur Kritis, °C	332	243	250
Tekanan Kritis, atm	44,7	63,005	-
Kemurnian, %	100	100	50
<i>Impurities</i>			H ₂ O

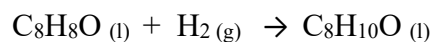
2.2.2 Sifat Kimia

1. *Styrene Oxide*

Pertama, senyawa ini tidak larut dalam air dan tidak sesuai dengan oksidator, basa, dan asam, sehingga perlu dilakukan penanganan dengan hati-hati. Selain itu, stirena oksida dapat bereaksi dengan 4-(4'-nitrobenzyl)pyridine menunjukkan sifat reaktifnya. Perlu diperhatikan juga bahwa senyawa ini dapat terpolimerisasi secara eksotermis dan bereaksi sangat cepat dengan senyawa yang mengandung hidrogen yang mudah lepas seperti alkohol dan amina, terutama dengan bantuan katalis asam, basa, dan garam tertentu. Stirena oksida juga mudah terbakar, sehingga harus dihindari paparan api atau panas berlebih. Terakhir, perlu diingat bahwa stirena oksida bersifat beracun jika terhirup atau tertelan, sehingga perlu mengambil langkah-langkah keamanan yang tepat untuk melindungi diri dan lingkungan saat bekerja dengan senyawa ini (PubChem, 2023).

2. *Hydrogen*

- a. Gas hidrogen di dalam industri sering digunakan dalam berbagai proses, antara lain. hidrodealkilasi, hidrodessulfurisasi, hydrocracking, dan hidrogenasi. Berikut adalah reaksi hidrogenasi stirena oksida:



- b. Gas hidrogen merupakan gas yang sangat mudah terbakar dengan konsentrasi gas hidrogen dari 4-75% volume di dalam udara (PubChem, 2023).

3. *Methanol*

- a. Metanol larut didalam air.
- b. Metanol akan stabil apabila disimpan dalam kondisi yang direkomendasikan.
- c. Metanol mengeluarkan asap tajam dan asap yang mengiritasi ketika dipanaskan hingga terdekomposisi.
- d. Uapnya sedikit lebih berat daripada udara dan dapat menempuh jarak tertentu ke sumber api. Setiap akumulasi uap di ruang terbatas, seperti bangunan atau saluran pembuangan, dapat meledak jika terdapat api. Metanol beracun apabila terhirup dan tertelan (PubChem, 2023).

4. *Natrium Hidroksida*

- a. Natrium hidroksida larut didalam air dan etanol.
- b. Natrium hidroksida sangat korosif terhadap logam.
- c. Natrium hidroksida bereaksi dengan semua asam mineral untuk membentuk garam yang sesuai. Natrium hidroksida juga bereaksi dengan gas asam lemah, seperti hidrogen sulfida, sulfur dioksida, dan karbon dioksida.
- d. Natrium hidroksida bereaksi dengan logam amfoter (Al, Zn, Sn) dan oksidanya membentuk anion kompleks seperti AlO_2^- , ZnO_2^{2-} , SnO_2^{2-} , dan H_2 (atau H_2O dengan oksida).
- e. Semua asam organik juga bereaksi dengan natrium hidroksida untuk membentuk garam larut (PubChem, 2023).

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau pengendalian mutu merupakan suatu usaha yang akan dilakukan untuk menghasilkan produk *Phenyl Ethyl Alcohol* yang memiliki spesifikasi dan kualitas yang sesuai dengan standar yang diinginkan. Pengendalian kualitas (*quality control*) terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan terakhir pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kulit dan bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilaksanakan untuk memastikan bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi agar proses yang dilakukan akan menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Proses pengendalian kualitas bahan baku dapat ditinjau dari spesifikasi bahan baku yang digunakan dan dilakukan sebelum bahan baku memasuki proses produksi. Pengendalian kualitas ini dilaksanakan pada semua bahan baku dan bahan pembantu yaitu asam asetat, etanol, asam sulfat, dan sodium hidroksida. Proses ini dilakukan dengan cara menganalisa bahan baku dan bahan pembantu secara 2 metode, yaitu kualitatif dan kuantitatif.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk menjaga produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas pada proses dapat ditinjau dari pengawasan bahan baku dan bahan pembantu, serta alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Pengawasan dan pengendalian kualitas terhadap jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang terdapat pada ruang pengawasan (*control room*), pengawasan dilakukan secara otomatis menggunakan indikator. Apabila

terjadi penyimpangan pada proses, maka sinyal atau tanda atau nyala lampu atau bunyi alarm dan sebagainya yang menyala, maka hal tersebut dapat mengindikasikan terjadinya penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan dan diatur baik dari *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, dan *temperature control*.

Pengawasan yang dikontrol oleh alat ini berupa pengontrolan atau pengawasan terhadap kondisi operasi baik dari segi temperatur, aliran, dan sistem kontrol. Alat kontrol yang harus di atur pada kondisi tertentu yaitu antara lain:

1. Alat Sistem Kontrol, terbagi dalam :
 - a. *Sensor*, digunakan untuk mengidentifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan meliputi manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan, dan level serta *thermocouple* sebagai sensor suhu.
 - b. *Controller* dan Indikator merupakan alat untuk pengawasan dan pengendalian jalannya proses produksi yang biasanya dikendalikan pada *control room* atau ruang pengawasan, dapat dilakukan secara *automatic control* maupun secara manual dengan bantuan indikator.

Adapun alat kontrol yang digunakan antara lain :

1) *Temperature Control* (TC)

Temperature control merupakan alat kontrol yang dipasang untuk mengontrol suhu di dalam alat proses. Apabila suhu yang ditentukan tidak sesuai maka akan menimbulkan masalah dan timbul tanda berupa suara atau nyala lampu.

2) *Pressure Control* (PC)

Pressure control merupakan alat kontrol yang dipasang untuk mengontrol tekanan pada sistem terutama proses yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer. *Control valve* dihubungkan dengan saklar yang mana jika tekanan pada suatu proses naik lebih dari *set point* maka saklar akan aktif dan mematikan *control valve*.

3) *Flow Control (FC)*

Flow control merupakan alat kontrol yang digunakan untuk mengontrol kecepatan aliran fluida. Alat ini dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses.

4) *Level Control (LC)*

Level control merupakan alat kontrol yang berfungsi untuk mengontrol ketinggian (*level*) larutan pada suatu tangki atau alat proses.

- c. *Actuator*; digunakan untuk memanipulasi agar variabelnya sama dengan *variable controller*. Alat yang digunakan adalah *automatic control valve* dan *manual control valve*.

2. Aliran Sistem Kontrol, terbagi dalam :

- a. Aliran pneumatis atau aliran udara tekan digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- b. Aliran listrik atau elektrik digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik atau aliran gerakan/perpindahan *level* digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

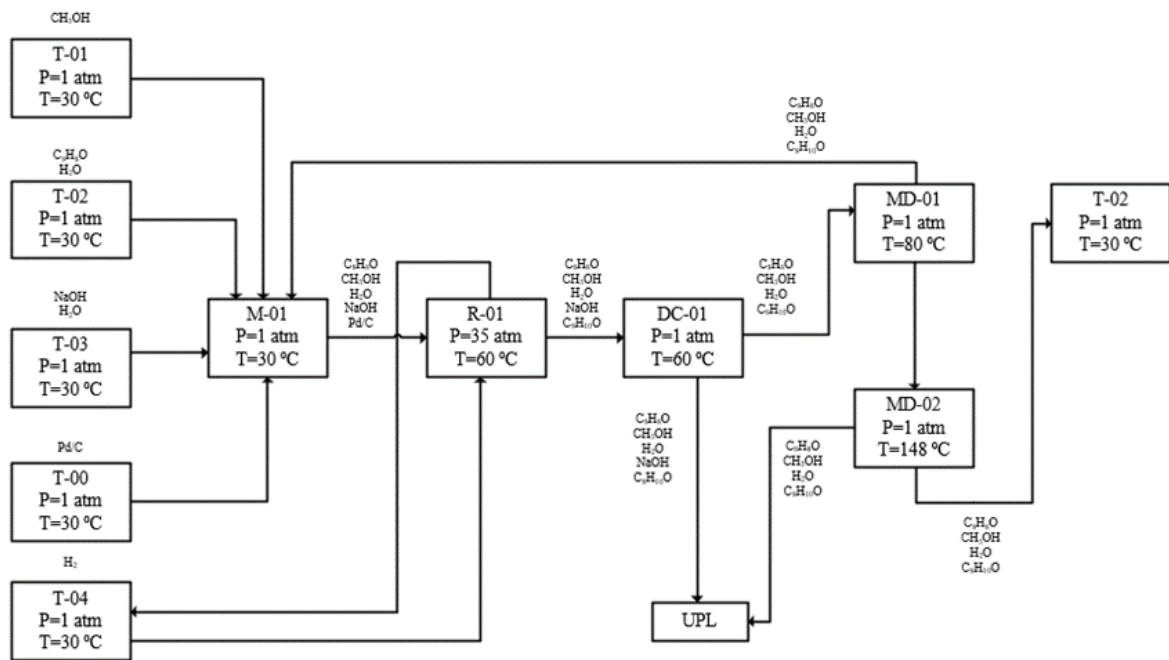
Pengendalian kualitas dari produk dilakukan untuk mengetahui dan memastikan apakah produk yang dihasilkan dari proses produksi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Proses pengendalian kualitas produk ini dilakukan dengan cara yang sama dengan pengendalian kualitas bahan baku, yaitu dengan pengujian bahan di dalam laboratorium pengujian.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

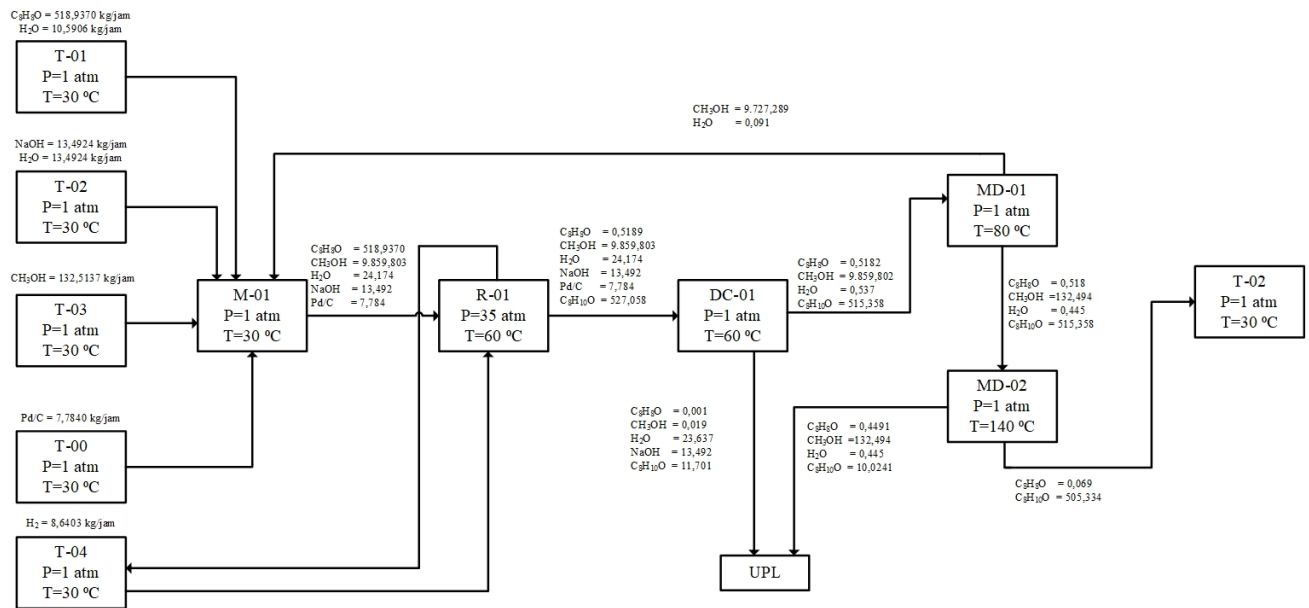
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Pabrik pembentukan *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) ini diproduksi dengan kapasitas 4.000 ton/tahun dari bahan baku Stirena Oksida (C_8H_8O) dan Hidrogen (H_2) dengan bantuan katalis paladium pada karbon (Pd/C). Dalam pembuatannya dibutuhkan medium untuk menjalankan proses hidrogenasi, adapun komponen penyusun mediumnya meliputi: Natrium Hidroksida (NaOH) dan Metanol (CH_3OH) (Chaudhari, et al., 2000). Dalam menghasilkan PEA, operasi dilakukan selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama 1 tahun. Proses yang terjadi dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Tahap penyiapan bahan baku ini dimaksudkan untuk mempersiapkan bahan baku sesuai dengan kondisi yang disyaratkan oleh reaktor. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* adalah metanol, stirena

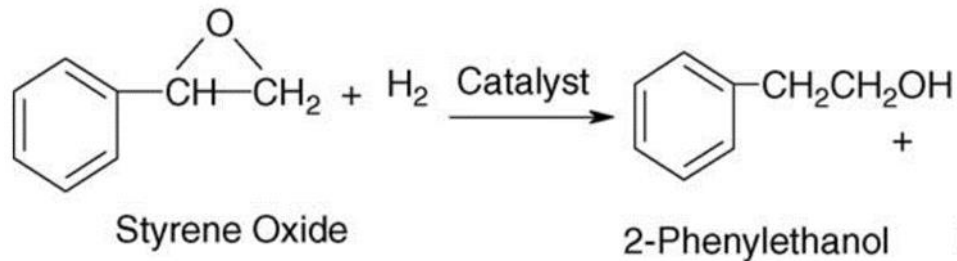
oksida, natrium hidroksida, katalis Pd/C, dan gas hidrogen. Metanol, stirena oksida, dan natrium hidroksida disimpan dalam tangki tertutup (T-01, T-02, T-03), dan katalis Pd/C. Gas hidrogen yang dibutuhkan dalam reaksi akan disimpan menuju tangki (T-04) dengan menaikkan tekanan menggunakan kompresor (K-01) sehingga kondisi gas hidrogen disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 35 atm (Rode, et al., 2003).

Stirena oksida, metanol dan natrium hidroksida dalam tangki dialirkan menggunakan pompa (P-01, P-02 dan P-03) menuju tangki pencampuran (M-01), katalis akan ditahan didalam reaktor tanpa dikeluarkan hingga mencapai batas umur katalis, yaitu 2 tahun. Di dalam *mixer* terjadi pencampuran selama 10 menit antara metanol, stirena oksida, natrium hidroksida, katalis Pd/C, serta hasil *recycle* dari menara distilasi 1 (MD-01) untuk menghasilkan campuran yang dibutuhkan oleh reaktor. Natrium hidroksida dalam campuran berfungsi sebagai promotor pada reaksi hidrogenasi stirena oksida dan pemberi suasana basa. Sedangkan metanol berfungsi sebagai pelarut dan pemberi suasana alkohol (Bajaj, et al., 2015).

3.2.2 Tahapan Reaksi

Tahap reaksi merupakan tahap pembentukan produk yang terjadi didalam reaktor. Larutan campuran keluar dari *mixer* (M-01) dan dipanaskan terlebih dahulu dengan *Heater* (HE-01) dari suhu 30°C hingga 60°C, kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-04) menuju reaktor (R-01). Gas hidrogen yang dibutuhkan untuk reaksi hidrogenasi, dialirkan melalui pipa menuju reaktor (R-01) dengan jumlah berlebih. Reaktan berupa larutan campuran stirena oksida, metanol, air, natrium hidroksida, dan katalis Pd/C dengan suhu 60°C dan gas hidrogen dengan

tekanan 35 atm direaksikan dalam reaktor (R-01) dalam suasana basa (pH 13-14). (Bajaj, et al., 2015). Reaksi yang terjadi yaitu:



Gambar 3. 3 Proses Reaksi *Phenyl Ethyl Alcohol*

Proses operasi pada reaktor berjalan *semi-batch* dengan waktu tinggal selama 1,5 jam. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *semi-batch* yang mana stirena oksida akan bereaksi dengan gas hidrogen membentuk *Phenyl Ethyl Alcohol* dengan jenis reaksi terjadi secara eksotermik. Reaksi ini berlangsung dengan bantuan katalis Pd/C dengan konversi yang dihasilkan sebesar 99,9%. Hasil reaksi yang diperoleh terdiri dari larutan *Phenyl Ethyl Alcohol (2-Phenylethanol)*, reaktan sisa (stirena oksida dan hidrogen) dan senyawa yang tidak bereaksi yaitu metanol, natrium hidroksida, katalis Pd/C, air. (Bajaj, et al., 2015).

3.2.3 Tahapan Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi yang diminati konsumen. Campuran larutan *Phenyl Ethyl Alcohol*, metanol, stirena oksida, natrium hidroksida, dan air akan dialirkan menuju Menara Distilasi 1 (MD-01) untuk memisahkan metanol dan stirena oksida yang akan di *recycle*. Katalis Pd/C akan tertahan di reaktor karena adanya penyaring di dasar reaktor yang akan dikeluarkan pada saat umur katalis habis yaitu 2 tahun. (Chaudhari, et al., 2000).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

1. Reaktor 1

Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara stirena oksida dan gas hidrogen dengan bantuan katalis Pd/C
Jenis/Tipe	: Reaktor <i>Semi-batch</i>
Mode Operasi	: <i>Semi-batch</i>
Jumlah	: 1
Harga	: Rp11.544.328.416,68

Kondisi Operasi

Suhu	: 60°C
Tekanan	: 35 atm
Kondisi proses	: <i>Isothermal.</i>

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Diameter (ID) <i>shell</i>	: 2,991 m
Tinggi total	: 6,274 m
Jenis <i>head</i>	: <i>Elliptical Head</i>

Spesifikasi Khusus

Tipe pengaduk	: <i>Turbine with 6 flat blades</i>
---------------	-------------------------------------

Diameter pengaduk	: 0,997 m
Kecepatan pengadukan	: 37 rpm
Power pengadukan	: 60 Hp
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Lebar <i>baffle</i>	: 0,169 m
Uc	: 152,43 Btu/ft ² .°F
Ud	: 751,066 W/m ² .K

- Spesifikasi *Sparger*
 - Luas *sparger* : 0,00103 ft²
 - Tipe *sparger* : *Type A Hex Nipple Sparger*
 - Diameter *sparger* : 0,375 in
 - Panjang *sparger* : 6 in
- Dimensi jaket pendingin
 - ID jaket pendingin: 130 in
 - Tebal jaket : 3 in

3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah

a. Mixer (M-01)

Nama dan Kode	: <i>Mixer / M-01</i>
Fungsi	: Mencampurkan bahan stirena oksida, katalis Pd/C dengan medium metanol dan natrium hidroksida
Jenis	: <i>Torispherical flanged and Dished Head</i> dengan pengaduk

Material konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi operasi	: $T_{in} = 30^{\circ}\text{C}$; $T_{out} = 30^{\circ}\text{C}$
	$P = 1 \text{ atm}$
Diameter <i>mixer</i>	: 1,40 m
Tinggi <i>mixer</i>	: 2,10 m
Volume <i>shell</i>	: 2,354 m ³
Volume <i>head</i>	: 0,156 m ³
Volume mixer	: 2,310 m ³
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Diameter pengaduk	: 0,42 m
Kecepatan pengaduk	: 217,806 rpm
Tenaga pengaduk	: 15 HP
Harga	: Rp. 465.572.205,87

b. Menara Distilasi

Tabel 3. 1 Spesifikasi Menara Destilasi

Nama dan Kode	Menara Distilasi 1 (MD-01)	Menara Distilasi 2 (MD-02)
Fungsi	Memisahkan metanol, air dan stirena oksida dari campuran produk yang dilanjutkan untuk <i>recycle</i>	Memurnikan produk PEA hingga 99%
Jenis	<i>Plate Tower (Sieve Tray)</i> berbentuk <i>Torispherical Roof</i>	<i>Plate Tower (Sieve Tray)</i> berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Material	<i>Stainless Steel 167 (SA-167) Grade II Type 316</i>	<i>Stainless Steel 167 (SA-167) Grade II Type 316</i>

Jumlah	1	1
Kondisi Operasi		
Umpan	80,0°C; 1 atm	140,0°C; 1 atm
Distilat	64,5°C; 1 atm	112,3°C; 1 atm
<i>Bottom</i>	104,8°C; 2 atm	220,8°C; 2 atm
Dimensi Menara		
Diameter menara	1,35 m	0,355 m
Tinggi menara	12,297 m	7,089 m
Tebal <i>shell</i>	0,1875 in	0,1875 in
Tebal <i>head</i>	0,1875 in	0,1875 in
Tipe tray		
Jumlah <i>plate</i>	18 buah	24 buah
Panjang weir	0,956 m	0,227 m
Diameter hole	5 mm	5 mm
<i>Tray spacing</i>	0,6 m	0,25 m
Jumlah <i>hole</i>	7421	420
Tebal <i>tray</i>	0,003 m	0,003 m
Refluks rasio	1,013	2,002
Harga	Rp5.354.080.367,47	Rp1.420.926.372,30

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

a. Tangki

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki

Nama dan Kode	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Fungsi	Menyimpan bahan baku CH ₃ OH	Menyimpan bahan baku C ₈ H ₈ O	Menyimpan bahan baku NaOH	Menyimpan bahan baku H ₂	Menyimpan produk C ₈ H ₁₀ O
Lama penyimpanan	21 hari	21 hari	21 hari	14 hari	14 hari
Fase	Cair	Cair	Cair	Gas	Cair
Jumlah tangki	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Jenis tangki	Silinder tegak dengan dasar <i>Flat Bottom</i> dan atap berbentuk <i>Torispherical Roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>Flat Bottom</i> dan atap berbentuk <i>Torispherical Roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>Flat Bottom</i> dan atap berbentuk <i>Torispherical Roof</i>	<i>Spherical tank</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>Flat Bottom</i> dan atap berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Kondisi Operasi	30°C; 1 atm	30°C; 1 atm	30°C; 1 atm	30°C; 35 atm	30°C; 1 atm
Spesifikasi Alat					
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Volume tangki (m ³)	102,380	314,093	11,131	1486,288	201,431
Diameter (m)	7,620	10,668	3,657	14,165	9,144
Tinggi (m)	3,658	5,486	4,572	21,242	4,572
Jumlah <i>course</i>	2	3	2	-	5
Tebal <i>shell</i> (in)	0,1875	0,1875	0,1875	4,068	0,1875
Jenis <i>bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Spherical</i>	<i>Flat bottom</i>
Harga	Rp. 1.122.960.160,55	Rp. 3.247.831.708,13	Rp. 1.119.235.582,90	Rp724.430.352,32	Rp2.588.581.464,62

b. Accumulator

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Accumulator*

Nama dan Kode	ACC-01	ACC-02
Fungsi	Menampung keluaran dari kondensor pada Menara Distilasi 1 (MD-01)	Menampung keluaran dari kondensor pada Menara Distilasi 2 (MD-01)
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	64,5	112,3
Tekanan (atm)	1	1
Data Design		
Kapasitas tangki (m ³)	2,595	0,037
Diameter tangki (m)	0,805	0,195
Panjang tangki (m)	4,836	1,180
Harga alat	Rp. 64.491.061	Rp. 23.315.856

3.3.1 Spesifikasi *Expansion Valve*

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Expansion Valve*

Nama	Expansion Valve 01	
Kode	EV-01	
Fungsi	Menurunkan tekanan keluar Reaktor-01 menuju Tanki-04	
Jenis	<i>Globe Valve</i>	
Material	<i>Commercial Stainless Steel AISI Type 316</i>	
Kondisi operasi	Suhu (°C)	60
	Tekanan masuk (atm)	35
	Tekanan keluar (atm)	1
Ukuran pipa	IPS (in)	2
	OD (in)	2,38
	ID (in)	2,067
	Luas (in ²)	3,35
Panjang ekivalen (m)	12,67	
Daya (HP)	5	
Jumlah	1	
Harga	Rp. 12.936.166	

3.3.1 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3. 5 Spesifikasi Pompa

Pompa	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Jumlah	1	1	1	1	1
Fungsi	Mengalirkan bahan baku stirena oksida dari T-02 menuju M-01	Mengalirkan bahan baku metanol dari T-01 menuju M-01	Mengalirkan bahan baku natrium hidroksida dari T-02 menuju M-01	Memindahkan fluida dari M-01 ke R-01	Mengalirkan fluida dari R-01 ke MD-01
Jenis pompa	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Suhu fluida (°C)	30	30	30	60	60
Spesifikasi Pompa					
Viskositas (cP)	1,555	0,506	1161,956	3,9584	1,299
Kapasitas (m ³ /jam)	0,6232	0,2031	0,0221	16,08	16,2954
Nominal pipe size (IPS)	0,75	0,5	0,25	3	3
OD (in)	1,05	0,84	0,54	3,5	3,5
ID (in)	0,824	0,622	0,364	3,068	3,068
Pump head (m)	2,2580	2,0162	4,267	2,258	1,733
Submersibility			<i>Immersed</i>		
Daya motor (HP)	0,25	0,05	0,05	0,25	0,5
Konstruksi material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Harga	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552

Tabel 3.5 ... (Lanjutan)

Pompa	P-06	P-07	P-08	P-09
Jumlah	2	2	2	2
Fungsi	Mengalirkan fluida dari MD-01 Distilat ke M-01 (<i>Recycle</i>)	Mengalirkan fluida dari MD-01 <i>Bottom</i> ke Umpan MD-02	Mengalirkan fluida dari MD-02 Distilat ke UPL	Mengalirkan fluida dari MD-02 <i>Bottom</i> ke T-05
Jenis pompa	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Suhu fluida (°C)	64,5	104,8	112,3	220,8
	Spesifikasi Pompa			
Viskositas (cP)	0,341	0,552	0,238	0,200
Kapasitas (m ³ /jam)	15,573	0,873	0,2407	0,747
Nominal pipe size (IPS)	3	1	0,5	0,75
OD (in)	3,5	1,320	0,84	1,05
ID (in)	3,068	1,049	0,622	0,824
<i>Pump head</i> (m)	10,952	7,069	8,013	6,662
<i>Submersibility</i>			<i>Immersed</i>	
Daya motor (HP)	2	0,167	0,05	0,125
Konstruksi material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Harga	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552	Rp. 74.491.552

3.3.2 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Kondensor

Tabel 3. 6 Spesifikasi Kondensor

Parameter	Spesifikasi Kondensor	
Nama Alat dan Kode	Kondensor-01	Kondensor-02
Kode	CD-01	CD-02
Fungsi	Mengembunkan hasil atas Menara Distilasi 1 (MD-01)	Mengembunkan hasil atas Menara Distilasi 2 (MD-02)
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Media Pendingin	Air Pendingin	Air Pendingin
Kondisi Operasi		
Suhu masuk (°C)	80	140
Suhu keluar (°C)	30	30
Tekanan (atm)	64,5	112,3
	45	45
	1	1
Mechanical Design		
A (ft ²)	2.242,22	217,13
Uc (Btu/hr.ft2.°F)	289,625	82,184
Ud (Btu/hr.ft2.°F)	50	8
Rd	0,003	0,140
Nt (buah)	830	106
L (ft)	15	12
OD (in)	0,75	0,75
ID (in)	33	13,25
Pitch (in)	0,652	0,652
Passes	1 triangular	1 triangular
Baffle (in)	2	2
	4	4
Pressure Drop (psi)	24,75	9,937
	5,083	3,401
	2,505	1,619
Harga	Rp. 1.528.939.124	Rp. 329.625.121

b. Reboiler

Tabel 3. 7 Spesifikasi Reboiler

Parameter	Spesifikasi Reboiler	
Nama Alat dan Kode	<i>Reboiler-01</i>	<i>Reboiler-02</i>
Kode	RB-01	RB-02
Fungsi	Menguapkan hasil bawah Menara Distilasi 1 (MD-01)	Menguapkan hasil bawah Menara Distilasi 2 (MD-02)
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Media Pemanas	<i>Steam</i>	<i>Steam</i>
Kondisi Operasi		
Suhu masuk (°C)	80	140
Suhu keluar (°C)	250	250
Tekanan (atm)	104,8	220,8
	250	250
	2	2
Mechanical Design		
A (ft ²)	602,06	115,186
Uc (Btu/hr.ft ² .°F)	582,291	616,126
Ud (Btu/hr.ft ² .°F)	50	160
Rd	0,006	0,033
Nt (buah)		
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
L (ft)	170	76
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
OD (in)	15	12
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
ID (in)	1	0,75
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
Pitch (in)	21,25	12
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
	0,902	0,482
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
<i>Passes</i>	1,25 <i>triangular</i>	1 <i>triangular</i>
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
<i>Baffle</i> (in)	4	4
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
	8	8
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
<i>Pressure Drop</i> (psi)	15,9375	9
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
	6,06 x 10 ⁻⁶	1,77 x 10 ⁻⁵
	<i>Shell</i>	
	<i>Tube</i>	
Harga	0,06	0,05
	Rp. 1.055.917.762	Rp. 162.019.127

c. *Heater*

Tabel 3. 8 Spesifikasi Heater

Parameter		Spesifikasi <i>Heater</i>	
Nama Alat dan Kode		<i>Heater-01</i>	<i>Heater-02</i>
Kode		HE-01	HE-02
Fungsi		Menaikan temperatur keluar P-04 menuju R-01	Menaikan temperatur keluar D-01 menuju MD-01
Jenis		<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Media Pemanas		<i>Steam</i>	<i>Steam</i>
Kondisi Operasi			
Suhu masuk (°C)	<i>Annulus</i>	30	60
	<i>Inner pipe</i>	250	250
Suhu keluar (°C)	<i>Annulus</i>	60	80
	<i>Inner pipe</i>	250	250
Tekanan (atm)		1	1
Mechanical Design			
A (ft ²)		128,751	57,774
Uc (Btu/hr.ft ² .°F)		173,905	257,222
Ud (Btu/hr.ft ² .°F)		60	200
Rd		0,011	0,014
Jumlah <i>hairpins</i> (buah)		6	3
Panjang <i>hairpins</i> (ft)		20	20
IPS (in)	<i>Annulus</i>	4	3
	<i>Inner pipe</i>	3	2
<i>Flow area</i> (ft ²)	<i>Annulus</i>	0,037	0,028
	<i>Inner pipe</i>	0,066	0,030
OD (in)	<i>Annulus</i>	4,5	3,5
	<i>Inner pipe</i>	3,5	2,38
ID (in)	<i>Annulus</i>	4,026	3,068
	<i>Inner pipe</i>	3,068	2,067
<i>Surface area</i> (ft ² /ft)	<i>Annulus</i>	1,178	0,917
	<i>Inner pipe</i>	0,917	0,622
<i>Pressure Drop</i> (psi)		5,64 x 10 ⁻⁵	8,47 x 10 ⁻⁴
Harga		Rp. 104.288.174	Rp. 29.796.621

d. *Cooler*

Tabel 3. 9 Spesifikasi Cooler

Parameter		Spesifikasi Cooler			
		<i>Cooler-01</i>	<i>Cooler-02</i>	<i>Cooler-03</i>	<i>Cooler-04</i>
Nama Alat dan Kode		CL-01	CL-02	CL-03	CL-04
Fungsi		Menurunkan temperatur komponen hasil atas MD-01 ke Mixer-01 dari 64,5°C menjadi 35°C	Menurunkan temperatur komponen hasil bawah MD-02 ke T-05 dari 247°C menjadi 100°C	Menurunkan temperatur komponen hasil bawah MD-02 ke T-05 dari 100°C menjadi 35°C	Menurunkan temperatur komponen hasil atas MD-02 ke UPL dari 112,3°C menjadi 35°C
Jenis		<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Media Pendingin		Air Pendingin	Air Pendingin	Air Pendingin	Air Pendingin
Kondisi Operasi					
Suhu masuk (°C)	<i>Annulus</i>	64,5	247	100	112,3
	<i>Inner pipe</i>	30	30	30	30
Suhu keluar (°C)	<i>Annulus</i>	35	100	35	35
	<i>Inner pipe</i>	45	45	45	45
Tekanan (atm)		1	1	1	1
Mechanical Design					
A (ft ²)		145,85	14,00	32,84	8,499
Uc (Btu/hr.ft2.°F)		371,973	71,685	71,476	109,628

Ud (Btu/hr.ft2.°F)	250	50	50	75
--------------------	-----	----	----	----

Tabel 3.9 ...
(Lanjutan)

Nama Alat dan Kode Kode	<i>Cooler-01</i> CL-01	<i>Cooler-02</i> CL-02	<i>Cooler-03</i> CL-03	<i>Cooler-04</i> CL-04
	Mechanical Design			
Rd	0,004	0,006	0,017	0,004
Jumlah <i>hairpins</i> (buah)	7	2	3	1
Panjang <i>hairpins</i> (ft)	20	12	15	15
IPS (in) <i>Annulus</i>	4	2	2,5	2
<i>Inner</i> <i>pipe</i>	3	1,25	1,5	1,25
<i>Flow area</i> <i>Annulus</i> (ft ²) <i>Inner</i> <i>pipe</i>	0,037 0,066	0,012 0,15	0,0191 0,0196	0,012 0,015
OD (in) <i>Annulus</i>	4,5	2,38	2,88	2,38
<i>Inner</i> <i>pipe</i>	3,5	1,66	1,9	1,66
ID (in) <i>Annulus</i>	4,026	2,067	2,469	2,067
<i>Inner</i> <i>pipe</i>	3,068	1,38	1,61	1,38
<i>Surface</i> <i>Annulus</i> <i>area</i> <i>Inner</i> (ft ² /ft) <i>pipe</i>	1,178 0,917	0,622 0,435	0,753 0,498	0,622 0,435
<i>Annulus</i>	0,347	0,011	0,0053	0,001

<i>Pressure Drop (psi)</i>	<i>Inner pipe</i>	0,036	0,046	0,0052	0,003
Harga		Rp. 35.383.487	Rp. 20.485.177	Rp. 27.934.332	Rp. 18.622.888

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 10 Neraca Massa Total

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	UPL	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
			<i>Recycle</i>	Produk
C ₈ H ₈ O	518,937	0,449	0	0,069
CH ₃ OH	9.859,802	132,513	9.727,289	0
NaOH	1,349			1,349
H ₂ O	13,988	11,606	2,382	0
H ₂	10,378		1,738	
C ₈ H ₁₀ O		10,251	0	516,806
TOTAL	10.404,456		10.404,456	

3.4.2 Neraca Massa Mixer

Tabel 3. 11 Neraca Massa Mixer

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)				Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 11	Arus 5
C ₈ H ₈ O		518,937			518,937
CH ₃ OH	132,514			9727,289	9.859,802
NaOH			1,349		1,349
H ₂ O		10,590	1,349	2,048	13,988
TOTAL		10.401,861			10.401,861

3.4.3 Neraca Massa Reaktor

Tabel 3. 12 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 4	Arus 6	Arus 7
C ₈ H ₈ O	518,937		0,518	
CH ₃ OH	9.859,802		9.859,802	
NaOH	1,349		1,349	
H ₂ O	13,988		13,988	
H ₂		10,378		1,738
C ₈ H ₁₀ O			527,058	
TOTAL	10.412,240		10.412,240	

3.4.4 Neraca Massa Menara Destilasi I

Tabel 3. 13 Neraca Massa Menara Destilasi-01

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 9
C ₈ H ₈ O	0,518		0,518
CH ₃ OH	9.859,802	9.750,61	109,177
NaOH	1,349		1,349
H ₂ O	13,988	1,609	12,379
C ₈ H ₁₀ O	527,058		527,058
TOTAL	10.402,717		10.402,717

3.4.5 Neraca Massa Menara Destilasi II

Tabel 3. 14 Neraca Massa Menara Destilasi-02

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 11	Arus 10
C ₈ H ₈ O	0,518	0,449	0,069
CH ₃ OH	109,177	132,494	
NaOH	1,349		1,349
H ₂ O	12,379	11,606	
C ₈ H ₁₀ O	527,058	10,251	516,806
TOTAL	649,131		649,131

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas *Mixer*

Tabel 3. 15 Neraca Panas *Mixer*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
H1	6.661,11	
H2		6.661,11
Q Pendingin		
TOTAL	6.661,11	6.661,11

3.5.2 Neraca Panas Reaktor

Tabel 3. 16 Neraca Panas Reaktor

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	920.165,89	
ΔH_R	3.524,98	
ΔH keluar		958.547,96
Q Pendinginan		-34.857,09
Total	923.690,87	923.690,87

3.5.3 Neraca Panas Menara Destilasi-01

Tabel 3. 17 Neraca Panas Menara Destilasi-01

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	1.049.388,00	
ΔH distilat		982.818,85
ΔH kondensor		21.387.511,18
ΔH bottom		109.342,03
ΔH reboiler	21.430.284,06	
TOTAL	22.479.672,06	22.479.672,06

3.5.4 Neraca Panas Menara Destilasi-02

Tabel 3. 18 Neraca Panas Menara Destilasi-02

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	79.414,84	
ΔH distilat		14.258,46
ΔH kondensor		299.309,99
ΔH bottom		208.298,30
ΔH reboiler	442.451,90	
TOTAL	521.866,75	521.866,75

3.5.5 Neraca Panas Kondensor-01

Tabel 3. 19 Neraca Panas Kondensor-01

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
------------------------	-----------------------	------------------------

Q masuk fase gas	1.723.947,83	
Q keluar fase gas		556.687,53
Q keluar fase cair		1.183.028,31
Pendingin	15.768,01	
TOTAL	1.739.715,85	1.739.715,85

3.5.6 Neraca Panas Kondensor-02

Tabel 3. 20 Neraca Panas Kondensor-02

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q masuk fase gas	54.309,70	
Q keluar fase gas		8.121,04
Q keluar fase cair		16.806,71
Pendingin		29.381,94
TOTAL	54.309,70	54.309,70

3.5.7 Neraca Panas Reboiler-01

Tabel 3. 21 Neraca Panas Reboiler-01

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q masuk fase cair	6.004.158,75	
Q keluar fase gas		5.547.544,92
Q keluar fase cair		109.359,37
Pendingin		347.254,44
TOTAL	6.004.158,75	6.004.158,75

3.5.8 Neraca Panas Reboiler-02

Tabel 3. 22 Neraca Panas Reboiler-02

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q masuk fase cair	175.592,25	
Q keluar fase gas		117.666,27
Q keluar fase cair		79.742,86
Pendingin	21816,88	
TOTAL	197.409,13	197.409,13

3.5.9 Neraca Panas *Heater-01*

Tabel 3. 23 Neraca Panas *Heater-01*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	895381,30	
<i>Q output</i>		1528544,57
Steam	633163,27	
TOTAL	1.528.544,57	1.528.544,57

3.5.10 Neraca Panas *Heater-02*

Tabel 3. 24 Neraca Panas *Heater-02*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	895381,30	
<i>Q output</i>		1528544,57
Steam	633163,27	
TOTAL	1.528.544,57	1.528.544,57

3.5.11 Neraca Panas *Cooler-01*

Tabel 3. 25 Neraca Panas *Cooler-01*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	919.678,677	
<i>Q output</i>		258.969,15
Steam		660.709,52
TOTAL	919.678,67	919.678,67

3.5.12 Neraca Panas *Cooler-02*

Tabel 3. 26 Neraca Massa *Cooler-02*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	982.818,85	
<i>Q output</i>		244.256,43
Steam		738.562,42
TOTAL	982.818,85	982.818,85

3.5.13 Neraca Panas Cooler -03

Tabel 3. 27 Neraca Panas Cooler-03

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	240.398,45	
<i>Q output</i>		746.697,03
Steam		165.701,42
TOTAL	240.398,45	240.398,45

3.5.14 Neraca Panas Cooler -04

Tabel 3. 28 Neraca Panas Cooler-04

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	74.697,03	
<i>Q output</i>		9.659,25
Steam		65.037,78
TOTAL	74.697,03	74.697,03

3.5.15 Neraca Panas Cooler -05

Tabel 3. 29 Neraca Panas Cooler-05

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q input</i>	32.572,73	
<i>Q output</i>		3.544,72
Steam		29.028,01
TOTAL	32.572,73	32.572,73

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dari lokasi pembangunan pabrik menjadi salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini penting karena akan berdampak langsung dengan keadaan pabrik secara operasional, ekonomi hingga distribusi produk. Banyak aspek yang akan menjadi bahan pertimbangan dari penentuan lokasi pabrik

ini, antara lain ketersediaan bahan baku untuk produk, transportasi, lingkungan sekitar, ketersediaan lahan, kebutuhan air dan listrik, dll. Lokasi dari Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* dengan kapasitas 4.000 ton/tahun ini direncanakan akan dibangun di Kabupaten Serang, Banten. Lokasi ini secara lebih jelas, dapat dilihat pada gambar 4.1 dan pemilihan lokasi ini didasari dari beberapa pertimbangan sebagai berikut.

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat dibutuhkan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* adalah stirena oksida dan hidrogen. Lokasi yang dipilih berdekatan dengan bahan baku natrium hidroksida berasal dari PT. Asahimas Chemical yang terletak di kota Cilegon dan dekat dengan pelabuhan untuk pemasokan metanol dari PT. Kaltim Methanol yang terletak di Bontang, Kalimantan Timur, serta bahan baku stirena oksida dimpir dari Jepang dan bahan pendukung Katalis impor dari China.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran adalah salah satu hal yang mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat dapat menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan pabrik. Kabupaten Serang merupakan daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang pesat dari tahun ketahun. Hal ini yang menjadikan Kabupaten Serang sebagai pasar yang baik untuk *Phenyl Ethyl Alcohol*. Sampai saat ini pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* tidak ada di Indonesia dan pabrik yang membutuhkan masih di suplai dari luar negeri.

c. Utilitas

Agar suatu proses pada pabrik berjalan dengan lancar dibutuhkan sarana pendukung seperti utilitas, utilitas sendiri berfungsi sebagai sarana pendukung seperti air, listrik, dan bahan bakar. Pada pendiriak pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ini, sumber air berasal dari sungai berung yang berada lumayan dekat dengan lokasi pabrik. Dengan pertimbangan sumber air tersebut memiliki debit air yang cukup besar dengan fluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau relatif kecil. Sumber energi listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator pabrik sebagai cadangan jika PLN mengalami gangguan. Untuk bahan bakar generator sendiri diperoleh dari Pertamina terdekat.

d. Tenaga Kerja

Kawasan industri merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Sebagian besar dari tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah. Faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja pada tenaga kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga tenaga kerja yang diterima saat perekrutan merupakan tenaga kerja yang berkualitas dan berkerja sebagaimana mestinya.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Perluasan Pabrik

Pemilihan lokasi sebuah pabrik turut mempertimbangkan rencana perluasan area pabrik untuk 10 sampai dengan 20 tahun kedepan. Hal ini

dilakukan untuk mengantisipasi peningkatan permintaan produk yang menuntut adanya peningkatan kapasitas pabrik yang membutuhkan perluasan lahan. Kabupaten Serang berada di pinggiran kota yang memiliki banyak lahan kosong, sehingga memenuhi kriteria ini.

b. Biaya dan perizinan

Keamanan dan kemudahan kerja disekitar lokasi pabrik terpenuhi yaitu, pengoperasian, pengangkutan, pemindahan, maupun perbaikan semua peralatan proses. Yang kedua adalah tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dengan harga yang terjangkau, serta pemanfaatan area tanah dengan efisien. Serta yang terakhir adalah adanya transportasi yang terjangkau

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Dengan adanya pembangunan pabrik baru ini, akan membuka lapangan pekerjaan yang cukup luas. Respon masyarakat sekitar juga cukup baik karena pendirian pabrik baru tersebut. Selain dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar, pendirian pabrik ini juga tidak mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat sekitar karena dampak yang telah dipertimbangkan sebelumnya.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik (*plant layout*) dalam pra rancangan pabrik merupakan bagian yang penting sebagai tempat keseluruhan bagian yang ada di pabrik yang terdiri atas tempat perkantoran, peralatan proses, penyimpanan bahan baku, unit pendukung proses, fasilitas kegiatan internal dan eksternal, dan sebagainya. Tata

letak pabrik harus dirancang untuk mendukung efisiensi proses produksi pabrik dan berjalan secara optimal. Selain itu, keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan dalam bekerja turut dipertimbangkan. Penataan letak pabrik dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut (Peters & Timmerhaus, 1991):

- a. Urutan Proses Produksi
- b. Pengembangan lokasi baru atau pengembangan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik, dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Berdasarkan pertimbangan faktor dalam penataan letak pabrik, diharapkan dapat memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut :

- a. Mempermudah *material handling*.
- b. Memberikan ruang gerak yang lebih luas sehingga mempermudah perawatan.
- c. Meningkatkan keselamatan kerja
- d. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses menjadi lebih baik.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Luas Bangunan dan Tanah

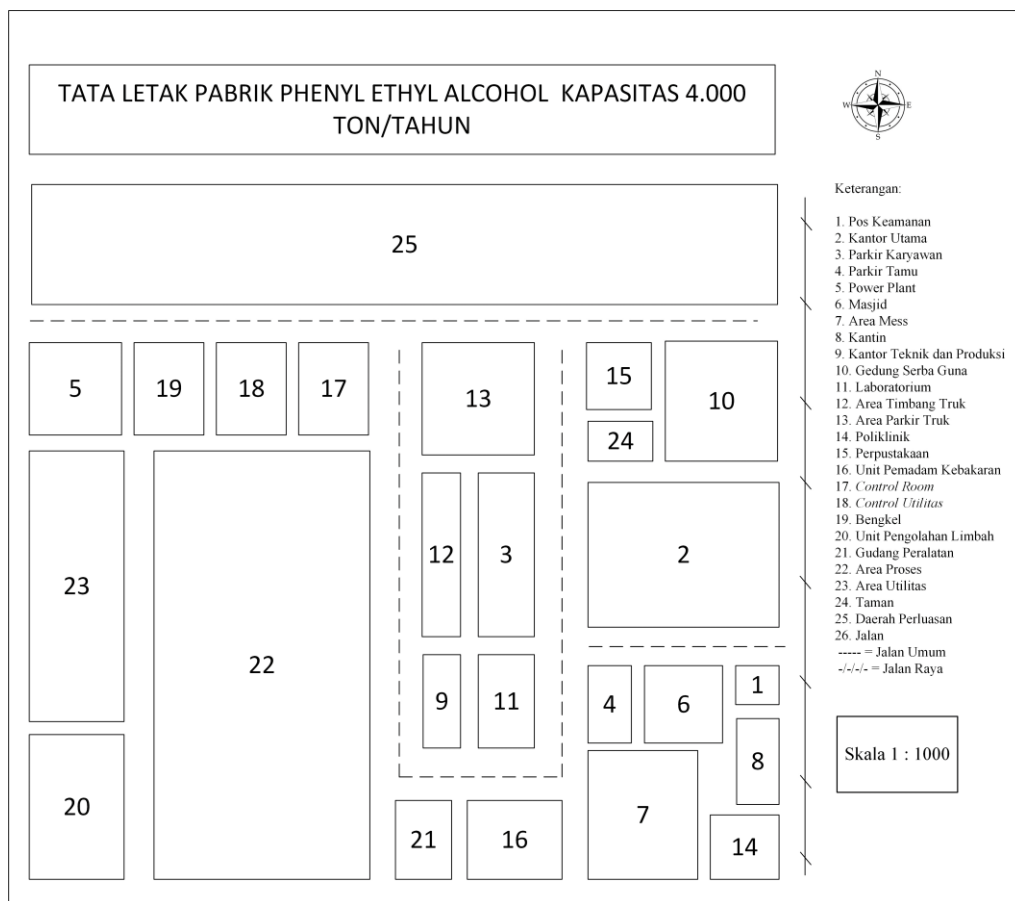
No	Nama Bangunan	Bangunan		Luas (m ²)	Tanah		Luas (m ²)
		Panjang (m)	Lebar (m)		Panjang (m)	Lebar (m)	
1	Pos Kemanan	7	7	49	8,4	8.4	70,56
2	Kantor Utama	30	25	750	36	24	1.080
3	Parkir Karyawan	20	15	300	24	18	432
4	Parkir Tamu	15	15	225	18	18	324
5	<i>Power Plant</i>	10	5	50	12	6	720
6	Masjid	15	15	225	18	18	324
7	Area Mess	25	20	500	30	24	720
8	Kantin	10	10	100	12	12	144
9	Kantor Teknik dan Produksi	15	10	150	18	12	216
10	Gedung Serba Guna	18	10	180	21,6	12	259,2
11	Laboratorium	15	10	150	18	12	216
12	Area Timbang Truk	15	8	120	18	9,6	172,8
13	Area Parkir Truk	20	20	400	24	24	576
14	Poliklinik	10	10	100	12	12	144
15	Perpustakaan	10	10	100	12	12	144
16	Unit Pemadam Kebakaran	15	15	225	18	18	324
17	<i>Control Room</i>	15	10	150	18	12	216
18	<i>Control Utilitas</i>	15	10	150	18	12	216
19	Bengkel	15	10	150	18	12	216
20	Unit Pengolahan Limbah	15	10	150	18	12	216
21	Gudang Peralatan	15	10	150	18	12	216

22	Area Proses	60	40	2.400	72	48	3.456
23	Area Utilitas	40	25	1.000	48	30	1.728

Tabel 4.1 ... (Lanjutan)

No	Nama Bangunan	Bangunan		Luas (m ²)	Bangunan		Luas (m ²)
		Panjang (m)	Lebar (m)		Panjang (m)	Lebar (m)	
24	Taman	10	10	100	12	12	144
25	Daerah Perluasan	60	30	1.800	72	36	2.592
26	Jalan	50	40	2.000	60	48	2.880
Luas Bangunan				11.874	Luas Tanah		17.098,56

Berikut Gambar 4.2 Yang merupakan *layout* tata letak pabrik



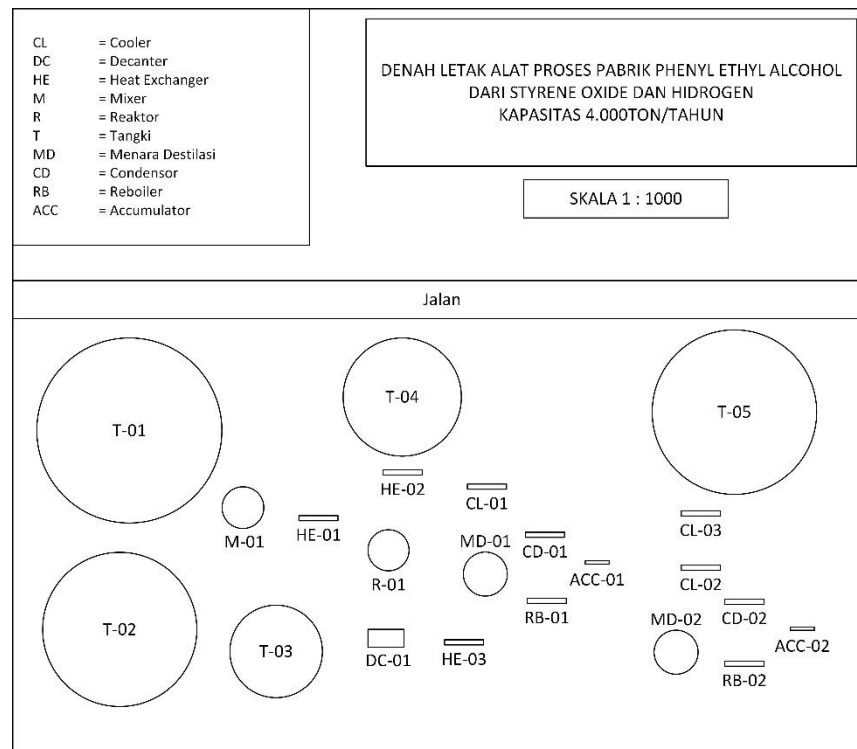
Gambar 4. 2 Denah Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses

Tata letak mesin/alat proses merupakan suatu pengaturan dari komponen komponen fasilitas pabrik. Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk, jalur aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
2. Aliran Udara, arah hembusan angin serta kelancaran aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara atau keadaan berhenti pada suatu tempat berupa akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan karyawan.
3. Pencahayaan, pada seluruh area pabrik harus memadai. Serta perlunya tambahan penerangan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.
4. Lalu Lintas Kendaraan dan Manusia, dalam perancangan *lay out* peralatan perlu diperhatikan supaya karyawan dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat, mudah dan aman. Sehingga, apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki.
5. Pertimbangan Ekonomi, penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan dapat meminimalisir biaya operasi dan tetap menjamin kelancaran serta keamanan produk pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak Antar Alat Proses, untuk alat proses yang mempunyai tekanan operasi dan suhu yang tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, untuk menghindari jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut sehingga tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



Gambar 4. 3 Denah Tata Letak Alat Proses Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* yang dalam pra rancangan ini direncanakan akan memiliki bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu bentuk perusahaan yang modal pendiriannya didapatkan dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut yang dimiliki pemegang saham sebagai bentuk sebagian

kepemilikan atas perusahaan tersebut dengan ikut menyetorkan modal. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham. Adapun alasan pemilihan Perseroan Terbatas sebagai bentuk perusahaan ini adalah:

1. Mudah mendapatkan modal melalui penjualan surat berharga perusahaan (saham).
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan struktural perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, dimana pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff dan karyawan.
5. Efisiensi dari manajemen dimana pemegang saham duduk dalam dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya direktur utama perusahaan yang berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas.

4.4.2 Struktur Organisasi

Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Dengan adanya struktur yang baik maka antara jabatan dapat memahami batasan masing-masing. Dengan demikian

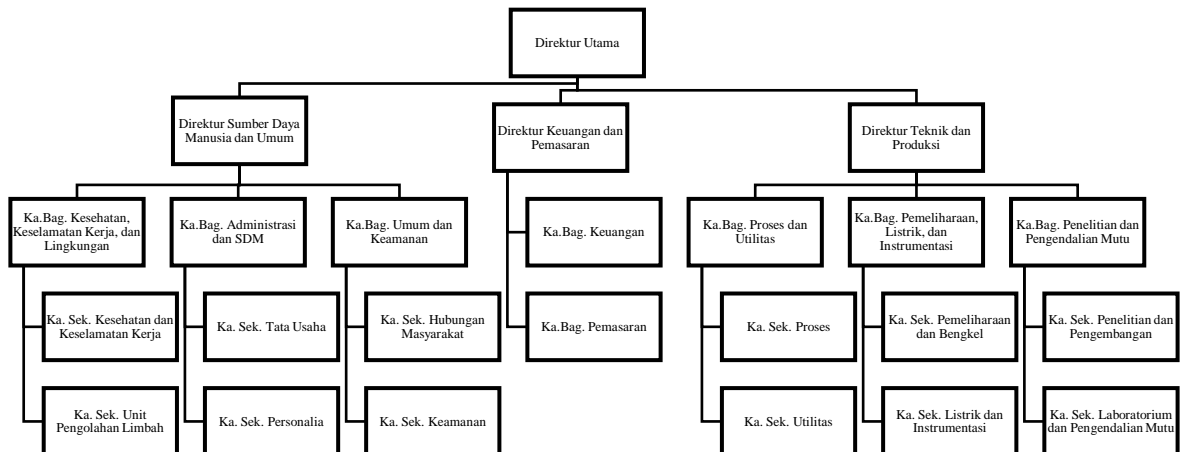
struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Terdapat dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau ahli yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris. Dalam menjalankan tugas perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.

4.4.3 Tugas dan Wewenang



Gambar 4. 4 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut.

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
- b. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- c. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam satu tahun.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggungjawab penuh kepada pemegang saham.

Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

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

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggungjawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut.

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Bertanggungjawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat diantaranya:

- Direktorat Teknis dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

- Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

- Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

4. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggungjawab kepada direktorat yang menaunginya.

Bagian-bagian tersebut terdiri dari :

- Bagian Utilitas
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.
- Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
- Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu
Bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- Bagian Keuangan
Bertanggungjawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
- Bagian Pemasaran
Bertanggungjawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.
- Bagian Kesehatan, Keselamatan kerja dan Lingkungan
Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.

- Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.

- Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

5. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari:

- Seksi Proses

Bertanggungjawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

- Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

- Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

- Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

- Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan Perusahaan.

- Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

- Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggungjawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

- Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

- Seksi Unit Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis dibidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta asset perusahaan.

- Seksi Personalia

Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

- Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

- Seksi Keamanan

Bertanggungjawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.4.4 Status, Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan

1. Status Karyawan

Berdasarkan status dan sistem upah, karyawan dapat digolongkan menjadi 3, yaitu:

a. Karyawan Tetap

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

b. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi dengan surat kontrak kerja sama.

c. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik hanya bila diperlukan. Karyawan ini menerima upah

borongan untuk suatu perusahaan atas hasil kerjanya yang telah disetujui.

2. Penggolongan Jabatan

Jabatan dari struktur organisasi perusahaan perlu dibebankan pada individu dengan tingkat pendidikan dan keahlian yang sesuai. Karyawan pada perusahaan ini terdiri berbagai jenjang pendidikan tertinggi dijabarkan sebagai berikut:

- a. Direktur Utama : S-2 semua jurusan
- b. Direktur : S-2 semua jurusan
- c. Kepala Bagian : S-1 semua jurusan
- d. Kepala Seksi : S-1 semua jurusan
- e. Staff Ahli : S-1 semua jurusan
- f. Sekretaris : S-1 semua jurusan
- g. Karyawan dan Operator: D-4/S-1 jurusan teknik
- h. Dokter : S-1 kedokteran
- i. Perawat : D4/S-1 keperawatan
- j. Supir : SMP-SMA dilengkapi dengan SIM A/B
- k. *Cleaning Service* : SMP-SMA
- l. Satpam : SMP-SMA dilengkapi dengan sertifikat satpam

3. Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan yang diperlukan dalam aktivitas perusahaan harus ditentukan secara tepat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara baik dan

efisien. Jumlah karyawan yang diperlukan beserta gaji dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Jumlah dan Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan (Per Orang), Rp	Total Gaji (Per Tahun), Rp
Direktur Utama	1	50.000.000	600.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	35.000.000	420.000.000
Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	35.000.000	420.000.000
Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	35.000.000	420.000.000
Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Pemeliharaan Listrik, dan Instrumentasi	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Keuangan	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Pemasaran	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	20.000.000	240.000.000
Ka. Bag. Umum dan Kemanan	1	20.000.000	240.000.000

Tabel 4.2 ... (lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan (Per Orang), Rp	Total Gaji (Per Tahun), Rp
Ka. Sek. Proses	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Utilitas	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Tata Usaha	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Personalia	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	15.000.000	180.000.000
Ka. Sek. Keamanan	1	10.000.000	100.000.000
Karyawan Proses	4	8.000.000	384.000.000
Karyawan Utilitas	4	8.000.000	384.000.000
Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	4	8.000.000	384.000.000
Karyawan Listrik dan Instrumentasi	4	8.000.000	384.000.000

Tabel 4.2 ... (lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji Perbulan (Per Orang), Rp	Total Gaji (Per Tahun), Rp
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	8	8.000.000	768.000.000
Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	8	8.000.000	768.000.000
Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	6	8.000.000	576.000.000
Karyawan Unit Pengolahan Limbah	4	8.000.000	384.000.000
Karyawan Tata Usaha	5	6.000.000	360.000.000
Karyawan Personalia	5	6.000.000	360.000.000
Karyawan Hubungan Masyarakat	5	6.000.000	360.000.000
Karyawan Keamanan	8	6.000.000	576.000.000
Operator	45	6.000.000	3.240.000.000
Dokter	2	15.000.000	360.000.000
Perawat	4	8.000.000	384.000.000
Sopir	6	6.000.000	432.000.000
Cleaning Service	10	6.500.000	720.000.000
Total	156	619.000.000	11.844.000.000

4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan proses produksi berlangsung selama 24 jam dalam 1 hari. Perbaikan, perawatan (*maintenance*), dan *shutdown* dapat dilakukan pada sisa hari

diluar hari libur. Untuk menjaga proses produksi secara *continue*, pemberlakuan jam kerja *shift* diperuntukkan bagi karyawan yang terlibat langsung dibidang teknikal proses.

1. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak terlibat langsung proses produksi maupun pengamanan pabrik. Karyawan yang tergolong bekerja secara *non-shift* adalah direktur beserta jajaran, kepala bagian, kepala seksi, serta karyawan yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift* akan bekerja selama 5 hari dalam seminggu dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam, hari kerja : Senin-Jumat, 07.00-16.00 WIB

Jam istirahat : Senin-Kamis, 12.00-13.00 WIB

Jumat, 11.30-13.30 WIB

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam menangani proses produksi serta pengamanan. Sebagian dari bagian teknikal, Gudang, dan bagian lain harus berkerja atau siaga demi kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Pembagian jam kerja *shift* sebagai berikut:

Shift I : pukul 07.00-15.00 WIB

Shift II : pukul 15.00-23.00 WIB

Shift III : pukul 23.00-07.00 WIB

Pembagian jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam tiap *shift* dengan 3 kelompok *shift* dalam 1 hari. Pergantian jam kerja kelompok *shift* dilakukan setiap 3 hari kerja dengan maksimal hari bekerja yaitu 3 hari dan diikuti 1 hari libur. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapatkan giliran *shift* dan 1 regu libur. Jadwal pembagian *shift* (siklus) karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Pembagian Shift Karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

Keterangan :

1,2,3 dst... : Hari ke-

A,B,C, dan D : Regu kerja

I,II, dan III : *Shift* ke-



: *Libur*

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan memiliki hak ketenagakerjaan yang harus diberikan oleh perusahaan. Hak-hak tersebut yaitu:

1. Tunjangan
 - a. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
 - b. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
 - c. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. Hari Libur Nasional

Hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja bagi karyawan non-shift dan dihitung sebagai hari kerja lembur bagi karyawan shift.

3. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- b. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- c. Cuti melahirkan bagi karyawan selama 3 bulan (1 bulan sebelum melahirkan dan 2 bulan setelah melahirkan).

4. Fasilitas Karyawan

Fasilitas karyawan disediakan guna meningkatkan produktifitas karyawan.

a. Poliklinik

Poliklinik yang disediakan oleh perusahaan bertujuan untuk menangani dan menjaga kesehatan karyawan dan berpengaruh terhadap produktifitas pabrik.

b. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan pakaian kerja untuk memberikan identitas perusahaan pada karyawan dari karyawan perusahaan lain maupun masyarakat umum.

c. Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang.

d. Tempat Ibadah

Tempat ibadah berupa masjid disediakan guna memfasilitasi kegiatan ibadah karyawan muslim.

e. Transportasi

Perusahaan menyediakan bus antar jemput di titik tertentu untuk mempermudah akomodasi karyawan.

5. Jaminan Ketenagakerjaan

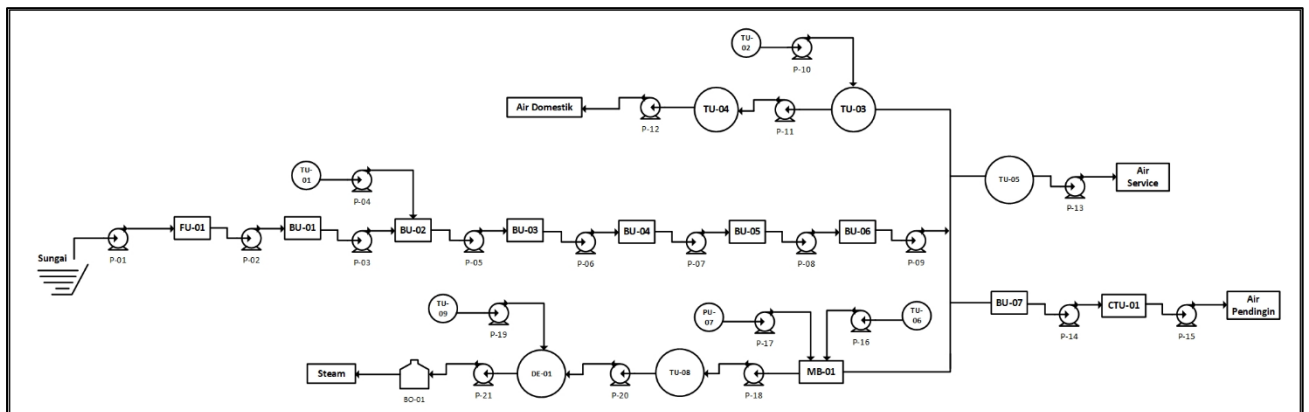
Perusahaan mendaftarkan karyawan sebagai peserta Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) dengan 4 jaminan, yaitu Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Kematian (JKM), Jaminan Hari Tua (JHT) dan Jaminan Pensiun (JP).

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ($C_8H_{10}O$) ini, meliputi :

1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam*
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Tekanan
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

Keterangan :

1. PU-01-21 = Pompa
2. FU-01 = *Screening*
3. BU-01 = Bak Pengendapan Awal
4. BU-02 = Bak Penggumpal
5. BU-03 = Bak Pengendapan I
6. BU-04 = Bak Pengendapan II
7. BU-05 = *Sand Filter*
8. BU-06 = Bak Penampung Sementara
9. TU-01 = Tangki Alum
10. TU-02 = Tangki Klorinasi
11. TU-03 = Tangki Kaporit
12. TU-04 = Tangki Air Bersih
13. BU-07 = Bak Air pendingin
14. CTU-01 = *Cooling Tower*
15. MB-01 = *Mixed Bed*
16. TU-05 = Tangki NaCl
17. TU-06 = Tangki NaOH
18. TU-07 = Tangki Air Demin
19. TU-08 = Tangki N₂H₄
20. DE-01 = Dearator
21. BO-01 = *Boiler*
22. TU-09 = Tangki Air *Service*

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik. Dalam perancangan pabrik $C_8H_{10}O$ ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air Kali Berung. Berikut beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber air.

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relatif murah, sedangkan pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahan biasanya lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam mineral di dalamnya yang perlu dipisahkan. Tetapi dengan faktor letak pabrik yang dekat dengan sumber air sungai.
- b. Air Sungai merupakan sumber kontinyu yang tinggi, sehingga kekurangan air dapat dihindari.

Berikut ini merupakan kebutuhan air yang diperlukan untuk aktivitas pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* yang akan berdiri di Serang, Banten.

a. Air Domestik

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 156 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar :

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	Air Karyawan	650,00
2	Air Kantor	145,83
3	Air Perumahan	1.000,00
Total		1.795,8300

b. Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin untuk peratan pada pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ini terlampir pada table 5.2 sebagai berikut

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	Reaktor	777,78
2	<i>Coller-01</i>	60,12
3	<i>Coller-02</i>	11.768,16
4	<i>Coller-03</i>	2.640,27
5	<i>Coller-04</i>	1.036,30
6	<i>Coller-05</i>	462,53
7	Kondensor-01	5.226,59
8	Kondensor-02	340.192,79
Total		364.164,51

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 434.597,4069 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya

air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 7.388,15 kg/jam.

c. *Air Steam*

Kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ini telampir pada tabel 5.3 sebagai berikut :

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Steam

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	<i>Heater-01</i>	371,56
2	<i>Heater-02</i>	280,54
3	Reboiler-01	38.466,63
4	Reboiler-02	641,33
Total		39.760,06

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 47.712,08 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 85% dimanfaatkan kembali, sehingga diperlukan 15% air *make-up*, dikarenakan terjadinya *blowdown* pada *boiler* sebesar 10% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 95.542,42 kg/jam.

d. *Air Layanan Umum (Service Water)*

Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain lain sebesar 350 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang diambil dari sungai berung tidak dapat langsung digunakan, air ini membutuhkan pengolahan agar nantinya bisa dipakai untuk keperluan pada pabrik Fenol. Ada beberapa tahapan dalam proses pengolahan air ini, yaitu :

a. Penghisapan

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (screen) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap screening air akan ditampung di dalam reservoir.

b. Screenining

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (screen) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

c. Pengumpal/Kuagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Alumunium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat

dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

d. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk flok tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (blow down).

e. Sand Filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat sand filter untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. Sand Filter dicuci (back wash, rinse) bila sudah dianggap kotor.

f. Penampungan Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- Service water
- Air domestik
- Make up cooling tower
- Bahan baku demin plant

g. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* untuk umpan *boiler*. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation *exchanger*. Di dalam kation *exchanger*, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan kedalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin kation *exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air keluaran dari kation *exchanger* adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk *scalling*-nya sudah diminimalkan. Air yang telah melewati kation *exchanger* akan disubjekkan kedalam anion *exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif

seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena akan jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan performa *boiler* dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH . Air keluaran dari anion *exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan *boiler*, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

h. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan boiler akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O_2 yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada boiler. Korosi pada boiler memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya, selain perpendekan umur boiler. Pengikisan didalam boiler berpotensi menyebabkan peledakandikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N_2H_4 (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat O_2 dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke boiler feed water, kemudian diumpankan

ke boiler. Di dalam boiler akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi steam. Namun, untuk menjaga konsentrasi suspended solid yang terakumulasi di dalam boiler, dilakukan sistem blowdown pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan make up water agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

5.2 Unit Pembangkit Steam

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi *Phenyl Ethyl Alcohol*, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas	: 47.712,08 kg/jam.
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batu bara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini

air dinaikkan temperaturnya hingga 250°C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini diperoleh dari PLN, selain dari PLN listrik cadangan didapatkan dari generator pabrik apabila listrik dari PLN mengalami kendala. Hal ini bertujuan agar pasokan listrik dapat berlangsung kontinyu dan tidak ada gangguan listrik yang padam. Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain :

- Listrik untuk AC
- Listrik untuk laboratorium dan bengkel
- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- Listrik untuk penerangan
- Listrik untuk instrumentasi

Kelebihan menggunakan listrik PLN adalah biayanya murah, sedangkan kekurangan menggunakan listrik PLN adalah kontinyu dari penyediaan listrik tenaganya tidak tetap dan kurang terjamin.

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	0,05	37,29
Pompa-02	P-02	0,05	37,29
Pompa-03	P-03	0,05	37,29
Pompa-04	P-04	0,75	37,29
Pompa-05	P-05	0,5	372,85
Pompa-06	P-06	0,05	37,29
Pompa-07	P-07	1,25	93,21
Pompa-08	P-08	2	372,85
Pompa-09	P-09	0,125	93,21
Pompa-10	P-10	0,05	37,29
Pompa-11	P-11	0,125	93,21
Kompresor-01	K-01	5,15	3.838,39
Reaktor-01	R-01	60	44.742,00
<i>Mixer-01</i>	M-01	15	11.185,50
TOTAL		84,02	62.655,48

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Blower Cooling Tower</i>	BO-01	15	11.185,50
Kompresor	K-01	3,5	2.609,95
Pompa-01	PU-01	10	7.457,00
Pompa-02	PU-02	15	11.185,50
Pompa-03	PU-03	15	11.185,50
Pompa-04	PU-04	0,05	37,2850
Pompa-05	PU-05	10	7.457,00
Pompa-06	PU-06	10	7.457,00

Table 5. 5 Lanjutan (...)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-07	PU-07	10	7.457,00
Pompa-08	PU-08	10	7.457,00
Pompa-09	PU-09	10	7.457,00
Pompa-10	PU-10	0,05	37,29
Pompa-11	PU-11	0,05	37,29
Pompa-12	PU-12	0,05	37,29
Pompa-13	PU-13	0,05	37,29
Pompa-14	PU-14	10	7.457,00
Pompa-15	PU-15	10	7.457,00
Pompa-16	PU-16	0,05	37,29
Pompa-17	PU-17	0,05	37,29
Pompa-18	PU-18	0,75	559,28
Pompa-19	PU-19	0,05	37,29
Pompa-20	PU-20	0,75	559,28
Pompa-21	PU-21	0,75	559,28
Total		131,15	97.798,56

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Total

No	Keperluan	Kebutuhan, Kw
1	<i>Power Plant</i> dan Utilitas	160,09
2	Alat Kontrol	40,0235
3	Penerangan	24,01
4	Peralatan Kantor	24,01
5	Bengkel dan Laboratorium	24,01
6	Perumahan	15
Total		287,16

5.4 Unit Penyedia Udara Bertekanan

Dalam pabrik ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan *instrumen-instrumen control* sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 7 bar. Dalam pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ini terdapat sekitar 20 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan *compressor* yang dilengkapi *filter* (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 7,2 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 37,38 m³/jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang *berisi silica gel*.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Pada unit penyedia bahan bakar bertujuan menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 5.904,14 L/jam pada *boiler* dan 18,54 L/jam pada generator.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses di pabrik ini berupa limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah :

- Air buangan sanitasi mengandung bakteri-bakteri dari berbagai sumber kotoran. Penanganan limbah ini tidak membutuhkan penanganan khusus karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya.
- Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

4.7.1 Perancangan Pengolahan Air

1. *Screening* (FU-01)

Tabel 5. 7 Spesifikasi *Screening*

Spesifikasi Umum <i>Screening</i> (FU-01)	
Nama Alat	<i>Screening</i>
Kode	(FU-01)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
Dimensi	
Diameter lubang saringan	1 cm
Panjang saringan	10 ft
Lebar saringan	8 ft
Jumlah air yang diolah	501.385,89 kg/jam

2. Bak Pengendapan Awal (BU-01)

Tabel 5. 8 Spesifikasi Bak Pengumpul Awal

Spesifikasi Umum Bak Pengendapan Awal (BU-01)	
Nama Alat	Bak Pengendapan Awal/Sedimentasi
Kode	(BU-01)
Fungsi	Mengendapan kotoran yang terbawa dari air sungai
Bentuk	Balok
Bahan	Beton bertulang
Volume	4.214,08 m ³
Waktu tinggal	6 jam
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
Tinggi	10,18 m
Panjang	20,35 m
Lebar	20,35 m
Kapasitas bak pengendapan	84,8864 m ³ /jam

3. Bak Penggumpal (BU-02)

Tabel 5. 9 Bak Pengumpul

Spesifikasi Umum Bak Penggumpal (BU-02)	
Nama Alat	Bak Penggumpal
Kode	(BU-02)
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran
Volume	666,66 m ³
Waktu pengendapan	1 jam

Table 5 .9 ...(Lanjutan)

Spesifikasi Umum Bak Penggumpal (BU-02)	
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
Diameter	9,47 m
Tinggi	9,47 m
Bentuk	Silinder tegak
Jenis Pengaduk	
Jenis pengaduk	<i>Marine propeller 3 blade</i>
Diameter <i>impeller</i>	3,16 m
Jarak <i>impeller</i>	2,37 m
Jarak cairan dalam tangki	8,52 m
Jumlah <i>baffle</i>	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	0,32 m
Jumlah <i>impeller</i>	1 buah
<i>Power motor</i>	0,53 Hp

4. Tangki Larutan Alum (TU-01)

Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Larutan Alum

Spesifikasi Umum Tangki Larutan Alum (TU-01)	
Nama Alat	Tangki Larutan Alum (tawas)
Kode	(TU-01)
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 %
Keb 5% larutan alum	0,5753 kg/jam
Waktu penyimpanan	2 minggu
Konsentrasi alum dalam air	425 ppm
Bentuk	Silinder tegak
<i>Over design</i>	20%
<i>Volume alum</i>	0,6904 m ³
Diameter	0,7603 m
Tinggi	1,5209 m

5. Bak Pengendapan I (BU-03)

Tabel 5. 11 Table Spesifikasi Bak Pengendapan I

Spesifikasi Umum Bak Pengendapan I (BU-03)	
Nama Alat	Bak Pengendapan I
Kode	(BU-03)
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Bentuk	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	2.535,47 m ³
Waktu tinggal	6 jam
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
Tinggi	8,59 m
Panjang	17,18 m
Lebar	17,18 m
Kapasitas bak pengendapan	633,87 m ³ /jam

6. Bak Pengendapan II (BU-04)

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Pengendapan II

Spesifikasi Umum Bak Pengendapan I (BU-04)	
Nama Alat	Bak Pengendapan II
Kode	(BU-04)
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)
Bentuk	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	2.408,70 m ³
Waktu tinggal	4 jam
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
Tinggi	8,44 m
Panjang	16,89 m
Lebar	16,89 m
Kapasitas bak pengendapan	602,17 m ³ /jam

7. *Sand Filter* (BU-05)

Tabel 5. 13 Spesifikasi Sand Filter

Spesifikasi Umum <i>Sand Filter</i> (BU-05)	
Nama Alat	Bak Saringan Pasir
Kode	(BU-05)
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Kecepatan penyaringan	5 gpm/ft ²
Diameter partikel	0,0394 in

Tabel 5.13 ... (Lanjutan)

Spesifikasi Umum Sand Filter (BU-05)	
Material	<i>Spheres</i>
Tinggi lapisan pasiran	0,8319 m
Dimensi	
Volume	40,95 m ³
Tinggi	2,17 m
Panjang	4,34 m
Lebar	4,34 m

8. Bak Penampungan Sementara (BU-06)

Tabel 5. 14 Spesifikasi Bak Penampungan Sementara

Spesifikasi Umum Bak Penampungan Sementara (BU-06)	
Nama Alat	Bak Penampungan Sementara
Kode	(BU-06)
Fungsi	Bak Penampungan Sementara <i>raw water</i> setelah di saring di <i>sand filter</i>
Bentuk	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	601,66 m ³
Waktu tinggal	1 jam
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
Tinggi	5,32 m
Panjang	10,64 m
Lebar	10,64 m
Kapasitas bak penampungan	501,39 m ³ /jam

4.7.2 Pengolahan Air Sanitasi

1. Tangka Klorinasi (TU-02)

Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Klorinasi

Spesifikasi Umum Tangki Klorinasi (TU-02)	
Nama Alat	Tangki Klorinasi
Kode	(TU-02)
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Waktu tinggal	1 jam
Bentuk	Tangki silinder berpengaduk
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
<i>Volume</i>	2,16 m ³
Diameter	1,40 m
Tinggi	1,40 m
Kapasitas	1,79 m ³ /jam

2. Tangka Kaporit (TU-03)

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Kaporit

Spesifikasi Umum Tangki Kaporit (TU-03)	
Nama Alat	Tangki Kaporit
Kode	(TU-03)
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 bulan yang akan dimasukkan kedalam tangki klorinasi (TU-02)
Waktu tinggal	1 bulan
Bentuk	Silinder tegak
Kebutuhan kaporit	0,0129 kg

Tabel 5.16 ... (Lanjutan)

Spesifikasi Umum Tangki Kaporit (TU-03)	
Kebutuhan kaporit (30 hari)	9,30 kg
Dimensi	
<i>Volume</i>	0,0047 m ³
Diameter	0,1882 m
Tinggi	0,1882 m

3. Tangka Air Bersih (TU-04)

Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Air Bersih

Spesifikasi Umum Tangki Air Bersih (TU-04)	
Nama Alat	Tangki Air Bersih
Kode	(TU-04)
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Waktu tinggal	24 jam
Bentuk	Tangki silinder berpengaduk
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
<i>Volume</i>	51,72 m ³
Diameter	4,04 m
Tinggi	4,04 m
Kapasitas	1,7958 m ³ /jam

4.7.3 Pengolahan Air Pendingin

1. Bak Air Pendingin (BU-07)

Tabel 5. 18 Spesifikasi Bak Pendingin

Spesifikasi Umum Bak Air Pendingin (BU-07)	
Nama Alat	Bak Air Pendingin
Kode	(BU-07)
Fungsi	Menampung kebutuhan air pendingin dan proses
Bentuk	Bak persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	12.729,18 m ³
Waktu tinggal	24 jam
<i>Over design</i>	20%
Dimensi	
Tinggi	14,70 m
Panjang	29,42 m
Lebar	29,42 m
Kapasitas bak penampungan	530,38 m ³ /jam

2. *Cooling Tower* (CTU-01)

Tabel 5. 19 Spesifikasi Cooling Tower

Spesifikasi Umum Cooling Tower (CTU-01)	
Nama Alat	<i>Cooling Tower</i>
Kode	(CTU-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Luas tower	69,44 m ²
<i>Mass velocity liquid</i>	1.303,5934 lb/jam.ft ²
Kebutuhan udara	148.821,90 ft ³ /min
Dimensi	

Tabel 5.19 ... (Lanjutan)

Spesifikasi Umum Cooling Tower (CTU-01)	
Tinggi	3,24 m
Panjang	8,33 m
Lebar	8,33 m
Difusi Unit	
H1	44,1 Btu/lb
H2	84,6 Btu/lb
Tinggi Diffusi	
Tinggi unit diffuse	0,99 m
Jumlah <i>spray</i>	10 buah
Kecepatan volumetrik udara	869,0622 lb/jam.ft ²

3. *Blower Cooling Tower* (BL-01)

Tabel 5. 20 Spesifikasi Blower Cooling Tower

Spesifikasi Umum Blower Cooling Tower (BL-01)	
Nama Alat	<i>Blower Cooling Tower</i>
Kode	(BL-01)
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Kebutuhan udara	148.821,90 ft ³ /min
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm

4.7.4 Pengolahan Air *Steam*

1. *Mixed Bed* (MB-01)

Tabel 5. 21 Spesifikasi *Mixed Bed*

Spesifikasi Umum <i>Mixed Bed</i> (MB-01)	
Nama Alat	<i>Mixed Bed</i>
Kode	(MB-01)
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Resin	Zeolit
Dimensi	
Diameter tangki	2,23 m
Tinggi tangki	2,29 m
Tinggi <i>bed</i>	1,90 m
Volume <i>bed</i>	7,44 m ³
Volume bak	262.5874,64 grain
Tebal	0,1875 in
Jumlah	1

2. Tangki NaCl (TU-05)

Tabel 5. 22 Spesifikasi Tangki NaCl

Spesifikasi Umum NaCl (TU-05)	
Nama Alat	Tangki NaCl
Kode	(TU-05)
Fungsi	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i>
Bentuk	Tangki Silinder
<i>Overdesign</i>	20%

Tabel 5.22 ... (Lanjutan)

Spesifikasi Umum NaCl (TU-05)	
Dimensi	
Volume	841,25 m ³
Diameter	10,23 m
Tinggi	10,23 m

3. Tangki NaOH (TU-06)

Tabel 5. 23 Spesifikasi Tangki NaOH

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki NaOH
Kode	(TU-06)
Fungsi	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>Anion Exchanger</i> .
Bentuk	Tangki silinder
<i>Overdesign</i>	20%
Dimensi	
Volume	63,08 m ³
Diameter	4,32 m
Tinggi	4,32 m

4. Tangki Demin (TU-07)

Tabel 5. 24 Spesifikasi Tangki Demin

Spesifikasi Umum Tangki Demin (TU-07)	
Nama Alat	Tangki Air Demin
Kode	(TU-07)
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air
Waktu tinggal	24 jam

Tabel 5.23 ...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Tangki Demin (TU-07)	
Bentuk	Silinder tegak
<i>Overdesign</i>	20 %
Dimensi	
Volume	1.648,92 m ³
Diameter	12,80 m
Tinggi	12,08 m

5. Dearator (DE-01)

Tabel 5. 25 Spesifikasi Dearator

Spesifikasi Umum Dearator (DE-01)	
Nama Alat	Dearator
Kode	(DE-01)
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i>
Waktu tinggal	2 Jam
Bentuk	Tangki silinder tegak
<i>Overdesign</i>	20%
Dimensi	
Volume	274,82 m ³
Diameter	7,04 m
Tinggi	14,09 m
Kapasitas	137,41 m ³ /jam

6. Tangki N₂H₄ (T-08)

Tabel 5. 26 Spesifikasi Tangki N₂H₄

Spesifikasi Umum Tangki N₂H₄	
Nama Alat	Tangki N ₂ H ₄
Kode	(T-08)
Fungsi	Menyimpan N ₂ H ₄
Waktu tinggal	4 bulan
Bentuk	Silinder tegak
<i>Overdesign</i>	20%
Dimensi	
Volume	139,67 m ³
Diameter	5,62 m
Tinggi	11,25 m

4.7.5 Pengolahan Air Service

1. Tangki Air Service (TU-09)

Tabel 5. 27 Spesifikasi Tangki Air Service

Spesifikasi Umum Tangki Air Service (TU-09)	
Nama Alat	Tangki Air Service
Kode	(TU-09)
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Bentuk	Tangki silinder

Tabel 5.26 ...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Tangki Air Service (TU-09)

<i>Overdesign</i>	20%
Dimensi	
Volume	10,0800 m ³
Diameter	2,3417 m
Tinggi	2,3417 m

4.7.6 Pompa Utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05		
Fungsi	Mengalirkan air dari Sungai menuju Screening	Mengalirkan air dari Screening (SF-01) menuju Bak Pengendapan Awal (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan Awal (BU- 01) menuju Bak Penggumpal (BU-02)	Mengalirkan larutan alum dari Tangki alum (TU- 01) menuju Bak penggumpal (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Penggumpal (BU-02) menuju Bak Pengendap I		
		Jenis <i>Centrifugal Pump</i>					
		Bahan <i>Comercial steel</i>					
		Impeller	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Axial Flow</i>
		Kapasitas, gpm	2.092,44	2.440,52	2.318,49	0.0029	2.202,57
Rate Volumetrik, ft ³ /jam	4,66	5,44	5,17	0.0000064	4,91		
Kecepatan Aliran, ft/s	4,87	4,29	4,07	0.0011	3,87		
Dimensi Pipa							
IPS, in	14,00	16,00	16,00	1.00	16		

Tabel 5.27...(lanjutan)

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
<i>Flow Area</i> , in ²	138	183	183	0.864	183
OD, in	14,00	16,00	16,00	1.32	16,00
ID, in	13,25	15,25	15,25	1.049	15,25
Head Pompa					
Efisiensi Motor	78%	78%	78%	48%	78%
Power Pompa, Hp	7,77	8,08	7,49	0.05	6,95
Power Motor, Hp	10	10	10	0,05	10

Parameter	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak pengendap I menuju Bak Pengendap II	Mengalirkan air dari Bak pengendap II menuju Sand Filter (BU-05)	Mengalirkan air dari Sand Filter (BU-05) menuju Bak Penampungan Sementara (BU-06)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-06) menuju Area Kebutuhan Air	
	<i>Centrifugal Pump</i>				
	<i>Comercial steel</i>				
	Jenis				
	Bahan				
Impeller	<i>Axial Flow</i>	<i>Axial Flow</i>	<i>Axial Flow</i>	<i>Axial Flow</i>	
Kapasitas, gpm	2.092,44	2.092,44	2.092,44	2.092,44	
<i>Rate</i> Volumetrik, ft ³ /jam	4,66	4,66	4,66	4,66	
Kecepatan Aliran, ft/s	4,87	4,87	4,87	4,87	
Dimensi Pipa					
IPS, in	14,00	14,00	14,00	14,00	
<i>Flow Area</i> , in ²	138	138	138	138	
OD, in	14,00	14,00	14,00	14,00	

Tabel 5.27...(lanjutan)

Parameter	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	
ID, in	13,25	13,25	13,25	13,25	
Head Pompa					
Efisiensi Motor	78%	78%	78%	78%	
Power Pompa, Hp	7,77	7,77	7,77	7,77	
Power Motor, Hp	10	10	10	10	
Head Pompa					
Parameter	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13	
Fungsi	Mengalirkan kaporit dari Tangki kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-01) menuju Tangki Air Bersih (TU-02)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-02) menuju Kebutuhan Domestik	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-05) menuju <i>Cooling Tower</i> (CTU-01)	
	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
	Bahan	<i>Comercial steel</i>			
	Impeller	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Axial Flow</i>
	Kapasitas, gpm	7,49	7,49	7,49	1,46
	<i>Rate Volumetrik</i> , ft ³ /jam	0,02	0,02	0,02	0,003
	Kecepatan Aliran, ft/s	1,61	1,61	1,61	1,61
Dimensi Pipa					
IPS, in	1.25	1.25	1.25	0,75	
<i>Flow Area</i> , in ²	1,50	1,50	1,50	0,53	
OD, in	1,66	1,66	1,66	1,05	
ID, in	1,38	1,38	1,38	0,82	

Tabel 5.27...(lanjutan)

Parameter	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13	
Head Pompa					
Efisiensi Motor	20%	20%	20%	20%	
Power Pompa, Hp	0,01	0,01	0,01	0,01	
Power Motor, Hp	0.05	0.05	0.05	0.05	
Head Pompa					
Parameter	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17	
Fungsi	Mengalirkan air dari Cooling Tower (CTU-01) menuju Kebutuhan Air Pendingin	Mengalirkan NaCl dari Tangki NaCl (TU- 03) menuju <i>Mixed Bed</i> (MB-01)	Mengalirkan NaOH dari Tangki NaOH (TU-04) menuju <i>Mixed Bed</i> (MB-01)	Mengalirkan air dari Mixed Bed (MB-01) menuju Tangki Air Demin (TU-05)	
	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
	Bahan	<i>Comercial steel</i>			
	Impeller	<i>Axial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>
	Kapasitas, gpm	1.844,52	1.844,52	13,91	18,21
	Rate Volumetrik, ft ³ /jam	4,11	4,11	0,03	0.04
	Kecepatan Aliran, ft/s	4,29	4,29	2,19	1.74
Dimensi Pipa					
IPS, in	14,00	14,00	150	2,00	
Flow Area, in ²	138	138	2,04	3,35	
OD, in	14,00	14,00	1,90	2,38	
ID, in	13,25	13,25	1,61	2,08	

Tabel 5.27...(lanjutan)

Parameter	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17	
Head Pompa					
Efisiensi Motor	78%	78%	20%	20%	
Power Pompa, Hp	6,33	6,33	0,02	0,02	
Power Motor, Hp	7,50	7,50	0.05	0.05	
Head Pompa					
Parameter	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin (TU-05) menuju Tangki Dearator (DE-01)	Mengalirkan air dari Tangki Dearator (DE-01) menuju Boiler	Mengalirkan N ₂ H ₄ dari Tangki N ₂ H ₄ (TU- 06) menuju Tangki Dearator (DE-01)	Mengalirkan air dari Tangki Air <i>Service</i> (TU-07) menuju Kebutuhan Air <i>Service</i>	
	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
	Bahan	<i>Comercial steel</i>			
	Impeller	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>
	Kapasitas, gpm	234,94	0,01	238,94	238,94
	Rate Volumetrik, ft ³ /jam	0,53	0.01	0,53	0,53
	Kecepatan Aliran, ft/s	2,65	0,08	2,65	2,65
Dimensi Pipa					
IPS, in	6,00	0.13	6,00	6,00	
Flow Area, in ²	28,90	0.06	28,90	28,90	
OD, in	6,63	0.41	6,63	6,63	
ID, in	6,07	0.27	6,07	6,07	

Tabel 5.27...(lanjutan)

Parameter	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
<i>Head Pompa</i>				
Efisiensi Motor	54%	20%	54%	54%
Power Pompa, Hp	0,54	0.01	0,54	0,54
Power Motor, Hp	0,75	0.05	0,75	0,75

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi pabrik fenil etil alkohol merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat-alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga tersebut dipakai sebagai dasar untuk estimasi evaluasi ekonomi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas.

Sebelum pabrik didirikan diperlukan analisis ekonomi, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal antara lain :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
 - a. *Percent return on investment (ROI)*
 - b. *Pay out time (POT)*

- c. *Break event point (BEP)*
- d. *Shut down point (SDP)*
- e. *Discounted cash flow (DCF)*

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat diketahui apakah pabrik tersebut berpotensi untuk didirikan atau tidak maka dilakukan Analisa kelayakan.

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan :

- a. *Percent Return On Investment (ROI)*

Percent return on investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang di investasikan.

- b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

- c. *Break Event Point (BEP)*

Break Event Point adalah terjadinya titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

- d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak

ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

e. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “*Discounted Cash Flow*” merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

6.2 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*.

Tabel 6. 1 *Chemical Enginering Plant Cost Index (CEPCI)*

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361,3
2	1992	358,2
3	1993	359,2
4	1994	368,1
5	1995	381,1
6	1996	381,7

7	1997	386,5
8	1998	389,5
9	1999	390,6
10	2000	394,1
11	2001	394,3
12	2002	395,6
13	2003	402
14	2004	444,2
15	2005	468,2
16	2006	499,6
17	2007	525,4
18	2008	575,4
19	2009	521,9
20	2010	550,8
21	2011	585,7
22	2012	584,6
23	2013	567,3
24	2014	576,1
25	2015	556,8

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga. (Aries & Newton, 1995)

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \tag{6.1}$$

Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2030

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : *Index* harga pada tahun 2030

Ny : *Index* harga pada tahun referensi

Untuk menentukan nilai indeks CEP berdasarkan dari harga yang sudah ada seperti yang dikemukakan oleh (Peters & Timmerhaus, 1991) serta data yang sudah diperoleh dari www.matche.com/equipcost. Berdasarkan data nilai CEP indeks yang ada kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui nilai CEP indeks pada tahun referensi dan tahun pembelian. Nilai CEP indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,1. Sementara nilai CEP indeks pada tahun pembelian yaitu tahun 2030 adalah 698,62

6.3 Perhitungan Biaya

1. Dasar Perhitungan

1. Kapasitas Produksi = 30.000 Ton/Tahun
2. Satu Tahun Operasi = 330 Hari
3. Umur Pabrik = 10 Tahun
4. Tahun Pendirian Pabrik = 2027
5. Indeks Harga Tahun 2029 = 689,91
6. Upah Buruh Asing = US\$ 20/*man hour*
7. Upah Buruh Indonesia =Rp 20.000/*man hour*
8. Kurs Dollar = Rp 15.357 = \$ 1
9. Harga *Phenyl Ethyl Alcohol* = \$ 22.000
10. UMR Serang = Rp 6.000.000

2. Total *Capital Investment*

Total Capital Investment adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas, penunjang dan operasi pabrik. Total *capital investment* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6. 2 *Pyhsical Plant Cost* (PPC)

No	Jenis	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	43.461.184.040,58	2.830.056,91
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	10.865.296.010,14	707.514,23
3	Instalasi Cost	7.196.783.793,31	468.632,14
4	Pemipaan	24.089.542.095,74	1.568.635,94
5	Instrumentasi	10.883.694.210,15	708.712,26
6	Insulasi	1.681.343.888,22	109.483,88
7	Listrik	4.346.118.404,06	283.005,69
8	Bangunan	35.622.000.000,00	2.319.593,67
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	34.197.120.000,00	2.226.809,92
	Total	172.343.082.442,20	11.108.026,42

Tabel 6. 3 *Direct Plant Cost* (DPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Engineering and Construction</i>	34.468.616.488,44	2.244.488,93
2	<i>Direct Plant Cost</i>	206.811.698.930,64	13.466.933,58
	Total	238.820.346.356,39	15.711.422,51

Tabel 6. 4 *Fixed Capital Investment* (FCI)

No	<i>Fixed Capital</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Direct Plant Cost</i>	206.811.698.930,64	13.466.933,58
2	<i>Contractor's fee</i>	8.272.467.957,23	538.677,34
3	<i>Contingency</i>	51.702.924.732,66	3.366.733,39
	Total	264.067.068.685,49	17.372.344,31

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment adalah total biaya pengeluaran untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu atau yang di tentukan.

Tabel 6. 5 *Working Capital Investment*

No	<i>Type of Expenses</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Raw Material Inventory</i>	20.037.727.068,46	1.304.794,37
2	<i>Inprocess Inventory</i>	21.751.768.730,12	1.416.407,42
3	<i>Product Inventory</i>	93.221.865.986,23	6.070.317,51
4	<i>Extended Credit</i>	40.952.000.000,00	2.666.666,67
5	<i>Available Cash</i>	93.221.865.986,23	6.070.317,51
	Total	269.185.227.771,03	17.528.503,47

3. Total production cost

Manufacturing Cost adalah jumlah *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang terikat dala pembuatan suatu produk.

1. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Direct Manufacturing Cost adalah total biaya pengeluaran yang berkaitan khusus dalam pembuatan suatu produk.

Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Raw Material</i>	472.317.852.327,90	30.755.867,18
2	<i>Labor</i>	16.704.000.000,00	1.087.712,44
3	<i>Supervision</i>	1.670.400.000,00	108.771,24
4	<i>Maintenance</i>	16.007.225.497,23	1.042.340,66
5	<i>Plant Supplies</i>	2.401.083.824,58	156.351,10
6	<i>Royalty and Patents</i>	40.542.480.000,00	880.000,00
7	<i>Utilities</i>	385.372.042.288,12	25.094.226,89
	Total	935.015.083.937,83	59.125.269,51

2. Indirect Manufacturing Cost

Direct Manufacturing Cost adalah total biaya pengeluaran yang berkaitan khusus dalam pembuatan suatu produk.

Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.672.640.000,00	174.033,99
2	<i>Laboratory</i>	2.505.600.000,00	163.156,87
3	<i>Plant Overhead</i>	10.022.400.000,00	652.627,47
4	<i>Packaging and Shipping</i>	67.570.800.000,00	4.400.000,00
	Total	82.771.440.000,00	5.389.818,32

3. Fixed Manufacturing Cost

Fixed Manufacturing Cost adalah total biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat beroperasi maupun tidak beroperasi atau pengeluaran yang memiliki sifat tetap, tidak tergantung pada waktu maupun tingkat jumlah produksi.

Tabel 6. 8 Fixed manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Depreciation</i>	26.678.709.162	1.737.234
2	<i>Property Taxes</i>	5.335.741.832	347.447
3	<i>Insurance</i>	2.667.870.916	173.723
	Total	34.682.321.911	2.258.405

Tabel 6. 9 Manufacturing Cost (MC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	935.015.083.937,83	59.125.270
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	82.771.440.000,00	5.389.818
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	34.682.321.910,67	2.258.405
	Total	1.052.468.845.848,50	66.773.493

4. General Expenses

General Expense adalah pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

Tabel 6. 10 General Expense

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Administration</i>	30.763.215.775,46	2.003.204,78
2	<i>Sales Expense</i>	82.035.242.067,88	5.341.879,41
3	<i>Research</i>	51.272.026.292,43	3.338.674,63
4	<i>Finance</i>	10.719.446.387,83	698.016,96
	Total	176.330.544.430,09	174.789.930.523,59

Tabel 6. 11 Total Production Cost

No	Type of Expense	Harga, Rp	Harga, \$
1	Manufacturing Cost (MC)	1.052.468.845.848,50	66.773.492,60
2	General Expenses (GE)	174.789.930.523,59	11.381.775,77
	Total	1.227.258.776.372,09	78.155.268,37

6.4 Analisa Ekonomi Pabrik

Dalam menentukan suatu pabrik mempunyai risiko yang tinggi maupun risiko yang rendah dapat dilakukan dengan meninjau beberapa aspek. Pada prarancangan pabrik ini terdapat 2 aspek tinjauan dalam menentukan risiko pabrik. Pertama yaitu dari aspek sifat bahan - bahan yang terlibat dalam proses produksi, dan yang kedua yaitu dari aspek kondisi operasi alat yang digunakan pada saat proses produksi. Berdasarkan tinjauan dari semua sifat bahan – bahan yang terlibat serta kondisi operasi alat yang terlalu tinggi maka pararancangan pabrik ini memiliki risiko yang tinggi (*high risk*).

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk layak atau tidaknya dari suatu pabrik yang akan didirikan. Evaluasi kelayakan tersebut diantaranya lain :

1. *Return Of Investment* (ROI)

Return On Investment (ROI) adalah kecepatan pengembalian banyaknya modal investasi, dinyatakan dalam persentase (%) terhadap modal yang tetap.

$$ROI = \frac{\textit{Profit}}{\textit{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

Batasan minimum ROI sebelum pajak untuk Industri Kimia adalah untuk *low risk* yaitu 11% dan *high risk* yaitu 44% (Aries & Newton, 1995). Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* termasuk pabrik yang *high risk*, sehingga batas minimum ROI sebesar 44%.

- Profit = Sales Price - Total Product Cost
- Pajak = 20% (*PP No.30 Tahun 2020*)
- Hasil Penjualan = Rp1.351.416.000.000,00
- Biaya Produksi = Rp1.227.258.776.372,09
- Keuntungan sebelum pajak = Hasil penjualan – Biaya Produksi
= Rp124.157.223.627,91
- Pajak = 20% x Keuntungan sebelum pajak
= Rp24.831.444.725,58
- Keuntungan setelah pajak = Keuntungan sebelum pajak - Pajak
= Rp99.325.778.902,33
- ROI sebelum pajak =

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

$$= 46,54\%$$

- ROI setelah pajak =

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

$$= 37,23\%$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah jumlah tahun yang berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan melebihi investasi awal jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Fixed Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

- POT Sebelum Pajak =

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit Before Taxes} + 0,1FCI)} \times 100\%$$

$$= 1,77 \text{ tahun}$$

- POT Setelah Pajak =

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit After Taxes} + 0,1FCI)} \times 100\%$$

$$= 2,12 \text{ tahun}$$

Batasan maksimum *Pay Out Time (POT)* setelah pajak untuk skala industri kimia *Low risk* yaitu 5 tahun dan *High risk* yaitu 2 tahun (Aries & Newton, 1995). Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* termasuk pabrik yang *high risk* sehingga, POT sebelum pajak maksimum 2 tahun.

3. *Break Event Point (BEP)*

Break Event Point (BEP) adalah suatu titik impas (hal tersebut pabrik tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian). Total Kapasitas pabrik pada saat *sales value = total cost*. Suatu pabrik akan mengalami jika beroperasi di bawah standar *Break Event Point (BEP)* dan mendapatkan keuntungan jika beroperasi diatas *Break Event Point (BEP)*. Harga *Break Event Point (BEP)* pada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas (Aries & Newton, 1995).

$$\text{Break Event Point} = \frac{Fa + (0,3xRa)}{(Sa - Va - (0,7xRa))} \times 100\%$$

Keterangan :

Fa : Fixed manufacturing cost

Ra : Regulated cost

Va : Variable cost

Sa : Sales price

- *Fixed Cost (Fa)* adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya baik pabrik produksi ataupun tidak berproduksi.
- *Variabel Cost (Va)* adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya yang besarnya dipengaruhi total kapasitas produksi.
- *Regulated Cost (Ra)* adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya yang besarnya proporsional dengan total kapasitas produksi. Biaya-biaya tersebut bisa menjadi biaya tetap atau menjadi biaya variabel.

Tabel 6. 12 Fixed Cost (Fa)

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	Depresiasi	26.678.709.162,05	1.737.234,43
2	Property Taxes	5.335.741.832,41	347.446,89
3	Asuransi	2.667.870.916,21	173.723,44
	Total Fa	34.682.321.910,67	2.258.404,76

Tabel 6. 13 Regulated Cost (Ra)

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	Gaji Karyawan	16.704.000.000,00	1.087.712,44
2	Payroll Overhead	2.672.640.000,00	174.033,99

Tabel 6.13 ... (Lanjutan)

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
3	<i>Supervision</i>	1.670.400.000,00	108.771,24
4	<i>Plant Overhead</i>	10.022.400.000,00	652.627,47
5	Laboratorium	2.505.600.000,00	163.156,87
6	<i>General Expense</i>	174.789.930.523,59	11.381.775,77
7	<i>Maintenance</i>	16.007.225.497,23	1.042.340,66
8	<i>Plant Supplies</i>	2.401.083.824,58	156.351,10
	Total Ra	226.773.279.845,41	14.766.769,54

Tabel 6. 14 Annual Sales Value (Sa)

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Raw Material</i>	472.317.852.327,90	30.755.867,18
2	<i>Packaging and Shipping</i>	67.570.800.000,00	4.400.000,00
3	<i>Utilities</i>	385.372.042.288	25.094.226,89
4	<i>Royalty & Patents</i>	40.542.480.000,00	2.640.000,00
	Total Va	965.803.174.616,02	62.890.094,07

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 45,27 \%$$

4. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point adalah level produksi pabrik yang mana biaya untuk mengoperasikan pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik tersebut dan membayar sejumlah fixed cost.

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

$$SDP = 29,99 \%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

Evaluasi ekonomi keuntungan pabrik dengan cara *Discounted Cash Flow* menggunakan nilai uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik tersebut berakhir (*present value*). Dihitung dengan persamaan:

$$(FC+WC)(1+i)^n = CF[(1+i)^n-1(1+i)^n-2+\dots+(1+i)+1]+SV+WC$$

Keterangan :

$$R = S$$

$$FC = \text{Fixed Capital}$$

$$WC = \text{Working Capital}$$

$$SV = \text{Salvage Value}$$

$$CF = \text{Annual Cash Flow (After Profit + taxes + depreciaton+finance)}$$

$$I = \text{Discounted cash flow rate}$$

$$n = \text{Umur Pabrik (10 tahun)}$$

$$\text{Salvage Value} = 10\% \times \text{FCI}$$

$$= \text{Rp}34.559.622.553,84$$

$$\text{Cash Flow} = \text{Annual profit} + \text{Depreciation} + \text{Finance}$$

$$= \text{Rp}92.451.467.136,32$$

Discounted cash flow rate dihitung secara *trial and error*,

$$R = \text{Rp}5.353.811.228.201,59$$

$$S = \text{Rp}5.353.811.228.201,59$$

$$R-S = \text{Rp}0,00$$

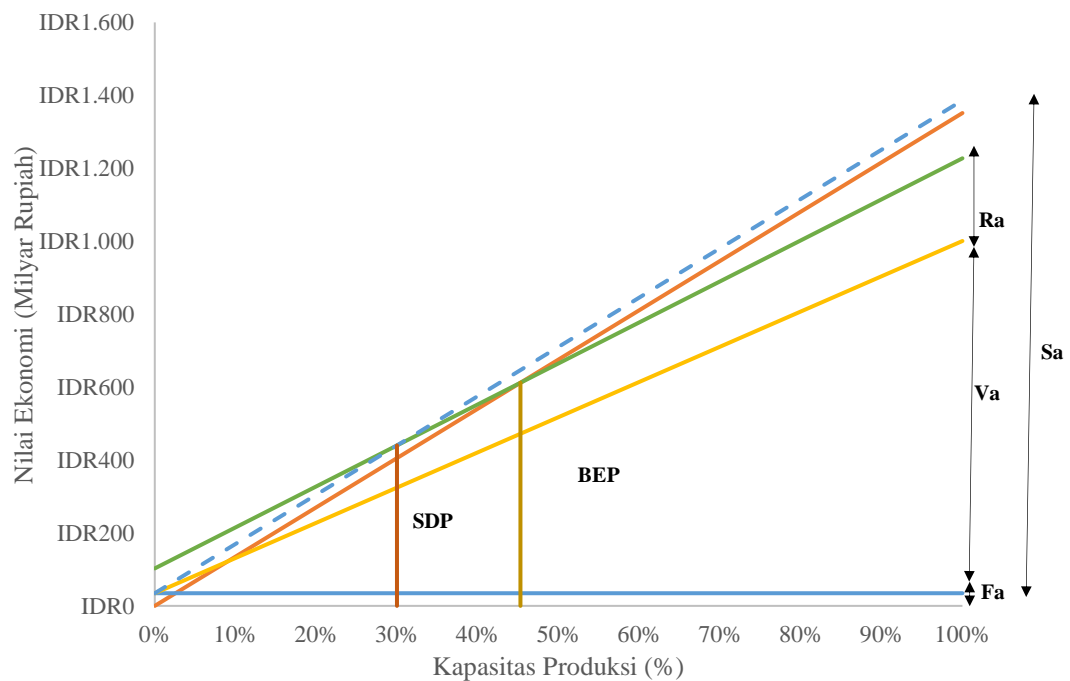
Dari *trial and error* diperoleh

$$\text{Harga } i = 0,2588$$

$$\text{Sehingga DCFRR} = 25,88\%$$

$$\text{Bunga bank Indonesia} = 5,20\%$$

$$\text{DCFRR minimum} = 7,80\%$$



Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan Ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil laporan perancangan pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA), antara lain:

1. Pendirian pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* dari Stirena Oksida dan Hidrogen dengan kapasitas 4.000 ton/tahun yang berlokasi di Banten ini didasarkan untuk mengurangi ketergantungan impor dari negara lain, menciptakan lapangan pekerjaan, dan mempercepat pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik PEA ini telah ditinjau dari kondisi operasi, beberapa alat menggunakan suhu dan tekanan tinggi, dan karakteristik dari bahan baku dan produk yang mudah terbakar sehingga pabrik ini dapat dikatakan berisiko tinggi.
3. Ditinjau dari segi ekonomi yaitu evaluasi ekonomi yang dilakukan, maka pabrik ini menarik dan layak untuk dipertimbangkan serta dikaji lebih lanjut dengan melihat beberapa indikator sebagai berikut:
 - a. *Return On Investment* (ROI), nilai minimum ROI untuk pabrik dengan risiko tinggi (*high risk*) yaitu 44%.
 - i. ROI sebelum pajak = 46,54%
 - ii. ROI setelah pajak = 37,23%
 - b. *Pay Out Time* (POT), nilai maksimal POT untuk pabrik dengan risiko tinggi (*high risk*) yaitu 2 tahun
 - i. POT sebelum pajak = 1,77 tahun

- ii. POT setelah pajak = 2,12 tahun
 - c. Nilai *Break Even Point* (BEP) pada pabrik ini adalah 45,27%, untuk BEP pabrik kimia berkisar 40-60%
 - d. Nilai *Shut Down Point* (SDP) pada pabrik ini adalah 29,99%, untuk SDP pabrik kimia umumnya diatas 20%.
 - e. Nilai *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) pada pabrik ini adalah 25,88%, syarat minimum DCFRR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.
4. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi diatas maka pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* dari stirena oksida dan hidrogen dengan metode hidrogenasi kapasitas 4.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dan memenuhi syarat untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

1. Perancangan pabrik kimia tidak terlepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.
2. Produk *Phenyl Ethyl Alcohol* dapat terealisasi sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa yang akan datang dengan jumlahnya yang semakin meningkat.
3. Pengoptimalan pemilihan alat proses atau alat penunjang dari bahan baku perlu diperhatikan agar lebih mengoptimalkan keuntungan yang bisa diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. & Newton, R., 1995. Chemical Engineering Cost Estimation. In: *McGraw-Hill Book*. New York: s.n.
- Bajaj, H. C. et al., 2015. *HYDROGENATION OF STYRENE OXIDE FORMING 2-PHENYL ETHANOL*. US, Patent No. 9,040,755 B2.
- Brownell, L. E. & Young, E. H., 1959. *Process Equipment Design Handbook*. New York: John Wiley & Sons.
- Chaudhari, R. V., Telkar, M. M. & Rode, C. V., 2000. *PROCESS FOR THE PREPARATION OF 2-PHENYL ETHANOL*. US, Patent No. 6,166,269.
- Fahlbusch, K.-G. et al., 2012. Flavors and Fragrances. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Germany: Corporate Research Division.
- Kirk, R. E. & Othmer, D., 1991. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th ed. New York: John Wiley and Sons.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4 th Ed*. New York: McGraw-Hill.
- PubChem, 2023. *PubChem Compound Summary for CID 14798, Sodium Hydroxide*. [Online]
Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Hydroxide>
[Accessed February 2023].
- PubChem, 2023. *PubChem Compound Summary for CID 6054, Phenylethyl Alcohol*. [Online]
Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Phenylethyl-Alcohol>
[Accessed February 2023].
- PubChem, 2023. *PubChem Compound Summary for CID 7276, Styrene oxide*. [Online]
Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Styrene-oxide>
[Accessed February 2023].
- PubChem, 2023. *PubChem Compound Summary for CID 783, Hydrogen*. [Online]
Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrogen>
[Accessed February 2023].

PubChem, 2023. *PubChem Compound Summary for CID 887, Methanol*. [Online] Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methanol> [Accessed February 2023].

Rode, C., Telkar, M., Jaganathan, R. & R.V. Chaudhari, 2003. Reaction kinetics of the selective liquid phase hydrogenation of styrene oxide to β -phenethyl alcohol. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 200(1-2), pp. 273-290.

Soccol, et al., 2019. *Chapter 11: Production and recovery of bioaromas synthesized by microorganisms*. Brazil: University of Paraná.

Van Ness, H., Smith, J. & Abbott, M., 1997. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. Int ed. New York: McGraw-Hill.

LAMPIRAN-01

PERANCANGAN REAKTOR

Jenis	: Reaktor <i>Semi-batch</i>		
Fungsi	: Mereaksikan Stirena Oksida (C_8H_8O) dengan Gas Hidrogen (H_2) dengan bantuan katalis Paladium Karbon (Pd/C).		
Kondisi Operasi	Suhu	:	60°C
	Tekanan	:	35 atm
	Reaksi	:	Eksotermik & <i>Irreversible</i>
	Konversi	:	99,9%

Tujuan :

1. Menentukan jenis reactor.
2. Menghitung neraca massa.
3. Menghitung neraca panas.
4. Menentukan dimensi reactor.

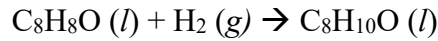
1. Menentukan Jenis Reaktor:

Dipilih reaktor semi-batch dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Zat pereaksi berupa fase cair dan fase gas dengan katalis padat.
- b. Salah satu reaktan dimasukkan secara bertahap ke dalam reaktor.
- c. Umur katalis panjang bertahan hingga 2 tahun
- d. Tidak memerlukan pemisahan katalis dari fluida output.
- e. Memiliki konversi dan selektifitas yang tinggi.

Kinetika Reaksi

Reaksi pembentukan *Phenyl Ethyl Alcohol* ($C_8H_{10}O$) merupakan reaksi hidrogenasi dengan bahan baku Stirena Oksida (C_8H_8O) dan Hidrogen (H_2) serta bantuan katalis Paladium Karbon (Pd/C) sesuai dengan persamaan berikut:



Dalam pembentukan *Phenyl Ethyl Alcohol* ini terdapat komponen penyusun mediumnya meliputi Natrium Hidroksida (NaOH), Metanol (CH_3OH), dan Air (H_2O). Natrium hidroksida dalam campuran berfungsi sebagai promotor pada reaksi hidrogenasi stirena oksida dan pemberi suasana basa. Sedangkan metanol berfungsi sebagai pelarut dan pemberi suasana alkohol. Reaksi Hidrogenasi dalam pembentukan *Phenyl Ethyl Alcohol* adalah reaksi orde-1 (Rode, et al., 2003).

Perancangan Reaktor

$$\text{Neraca Massa Hidrogen} \quad : Ca_{[i]} = - \frac{w * k * Ca(i-1) * Cb(i-1)}{1 + Ka * Ca(i-1)} dt + Ca(i-1)$$

$$\text{Neraca Massa Stirena Oksida} : Cb_{[i]} = - \frac{w * k * Ca(i-1) * Cb(i-1)}{1 + Ka * Cb(i-1)} dt + Cb(i-1)$$

Neraca Massa *Phenyl Ethyl Alcohol* :

$$Cc_{[i]} = \frac{3 * w * k * Ca(i-1) * Cb(i-1)}{(1 + Ka * Ca(i-1)) * (1 + Kb * Cb(i-1))} dt + Cc(i-1)$$

Ketika penambahan reaktan, bersama dengan pengurangan cairan dan uap, juga dipertimbangkan persamaannya menjadi:

$$\frac{d(C_j V)}{dt} = F'_1 C_{j,0} - F'_1 C_{j,0} - F'_3 C_{j,v} - V \sum_{i=1}^N a_{ij} r_i$$

Perhitungan perubahan volume adalah:

$$\frac{dV}{dt} = F'_1 - F'_2 - F'_{3,1}$$

Dimana F'_1 adalah laju umpan cair dan F'_2 adalah laju penarikan cairan (m^3/h), dan $F'_{3,v}$ adalah laju penarikan uap (m^3 vapor/h).

Menghitung Kapasitas Reaktor

Table 2
Comparison of various models for hydrogenation of styrene oxide

Model no.	Model	Temperature (K)	k ($\text{m}^3/\text{kg s}$)	K_A (m^3/kmol)	K_B (m^3/kmol)	$\phi_{\min} \times 10^9$
(1)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^* + K_B B_1^2)}$	313	0.0276	29.71	3.33	6.34
		323	0.0314	27.71	3.85	3.32
		333	0.1313	51.99	7.85	3.93
(2)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^*)(1 + K_B B_1)}$	313	0.0612	17.65	9.34	3.09
		323	0.0989	16.40	10.32	4.72
		333	5.509	20.27	23.9	4.96
(3)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^*)^{1.5}(1 + K_B B_1)}$	313	0.0570	7.618	10.34	3.28
		323	0.0985	7.119	12.16	4.18
		333	0.5211	7.712	28.17	5.99
(4)	$\frac{wkA^*B_1}{(1 + K_A A^*)^{1.5}(1 + K_B B_1)^{1.5}}$	313	0.0271	8.193	1.82	2.29
		323	0.0423	7.559	1.95	3.06
		333	0.126	8.378	2.40	2.92

w , concentration of catalyst (kg/m^3); k , rate constant; A^* , dissolved concentration of hydrogen (kmol/m^3); B_1 , concentration of styrene oxide (kmol/m^3); K_A and K_B , equilibrium adsorption constants for hydrogen and styrene oxide (m^3/kmol).

Berdasarkan Tabel 2 (Rode, et al., 2003), dipilih persamaan pada Model (2) pada suhu 333K sehingga digunakan nilai $k = 5,509 \text{ m}^3/\text{kg.s}$. Dengan menerapkan metode *Runge-Kutta* untuk menyelesaikan persamaan differensial ordiner simultan dan untuk mencapai konversi yang diinginkan yaitu 99,9%, dapat diperoleh:

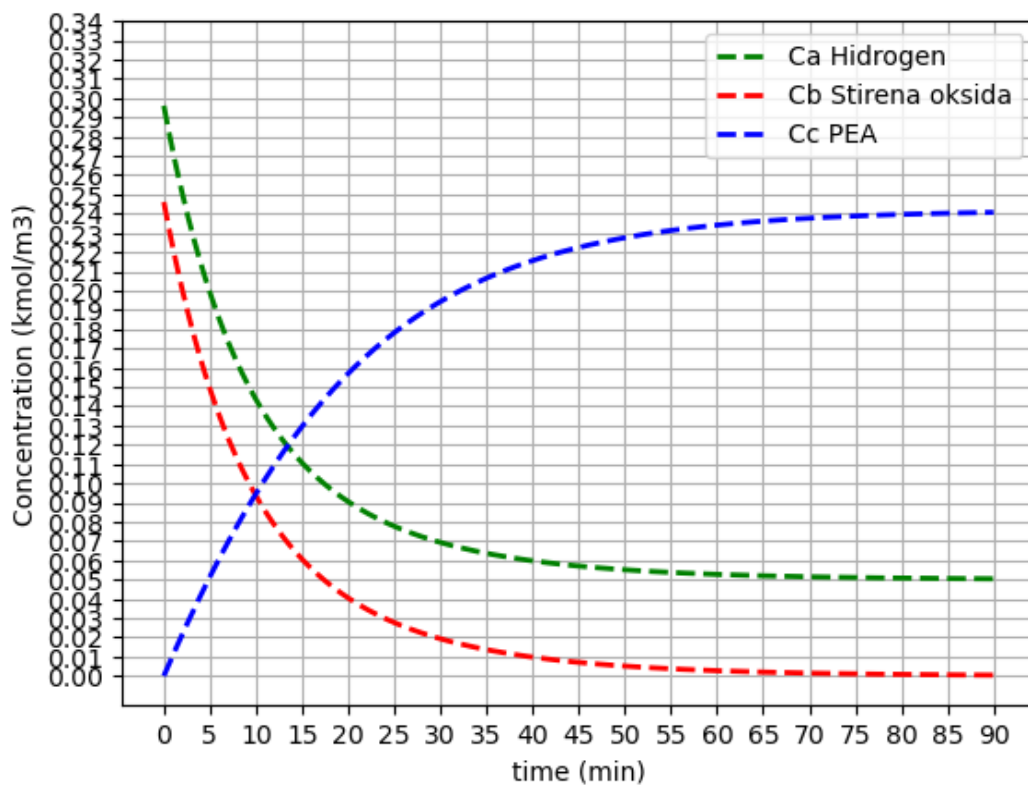
t = 90 menit

Ca (H₂) = 0,099 kmol/m³

Cb (C₈H₈O) = 0,029 kmol/m³

Cc (C₈H₁₀O) = 0,246 kmol/m³

V reaktor = 21,0125 m³



Penjadwalan Reaktor

Pada proses semi-batch, diperlukan mengetahui waktu siklus proses semi-batch untuk memperkirakan jumlah reaktor yang diperlukan untuk kapasitas pabrik tertentu dan kebutuhan staf pabrik tersebut. Penjadwalan reaktor (*Scheduling Reactor*) adalah waktu antara memulai reaksi dan reaksi berikutnya.

Jam		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Menit	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630
Batch 1		Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar							
Batch 2			Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar						
Batch 3				Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar					
Batch 4							Isi		Reaksi		Keluar				isi		Reaksi		Keluar		
Jam		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18	
Menit	510	540	570	600	630	660	690	720	750	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110
Batch 1		Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar							
Batch 2			Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar						
Batch 3				Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar					
Batch 4							isi		Reaksi		Keluar				isi		Reaksi		Keluar		
Jam		17		18		19		20		21		22		23		24		1		2	
Menit	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500	1530	1560	1590
Batch 1		Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar							
Batch 2			Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar						
Batch 3				Isi		Reaksi		Keluar				Isi		Reaksi		Keluar					
Batch 4							isi		Reaksi		Keluar				isi		Reaksi		Keluar		

Dimensi Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor optimum adalah 1:1,5 (H=1,5D), sehingga dari volume reaktor diperoleh nilai:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$D = 2,991 \text{ m}$$

$$H = 4,487 \text{ m}$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = 2,990 \text{ m}$$

Menghitung Tekanan Desain

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho \cdot h \text{ liquid} \cdot \frac{g}{gc}}{144}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 4,951 \text{ psi}$$

$$P_{\text{absolut}} = 514,356 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 623,169 \text{ psi}$$

Menentukan Tebal *Shell*

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

$$ts = \text{Tebal } shell \text{ (in)}$$

$$P = \text{Tekanan dalam tangki (psi)}$$

- F = Allowable stress (18.750 psi)
- ri = Jari-jari dalam tangki (in)
- E = Efisiensi pengelasan (80%, *double welded butt joint*)
- C = Faktor korosi (0,125 in)

Dari persamaan diatas, diperoleh hasil perhitungan tebal *shell* adalah 2.633 in, sehingga dipilih tebal *shell* standar yaitu 2,75 in (Brownell & Young, 1959)

Menghitung Dimensi *Head*

- t = tebal *head*, in
- icr = *inside corner radius*, in
- r = *radius of dish*, in
- OD = *outside diameter*, in
- ID = *inside diameter*, in
- B = *depth of dish*, in
- OA = *overall dimension*, in
- sf = *straight flange*

Menghitung Tebal *Head*

- ts = 2,75 in
- icr = 8,25 in

r	= 120 in
OD	= 126 in
ID	= 117,77 in
a	= 58,88 in
b	= 29,44 in

Diperoleh dari Persamaan 7.77 (Brownell & Young, 1959):

$$th = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)} + C$$

Dari persamaan diatas, diperoleh nilai *head* atas standar adalah 2,58 in dan *head* bawah standar adalah 2,75 in

Berdasarkan Tabel 5.8 (Brownell & Young, 1959) dengan tebal *head* in, sf berkisar 1,5 4,5 in, sehingga digunakan nilai sf 3 in

Menghitung Tebal *Head*

ts	= 2,75 in
icr	= 8,25 in
r	= 120 in
OD	= 126 in
ID	= 117,77 in
a	= 58,88 in

$$b = 29,44 \text{ in}$$

Diperoleh dari Persamaan 7.77 (Brownell & Young, 1959):

$$th = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)} + C$$

Dari persamaan diatas, diperoleh nilai *head* atas standar adalah 2,58 in dan *head* bawah standar adalah 2,75 in

Berdasarkan Tabel 5.8 (Brownell & Young, 1959) dengan tebal *head* in, sf berkisar 1,5 4,5 in, sehingga digunakan nilai sf 3 in

Menghitung Power Pengaduk

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot Di^2}{\mu}$$

$$Re = 131.747,082$$

Berdasarkan (Brown), diperoleh nilai $N_p = 7$

$$Pa = N_p \cdot \rho \cdot Ni^3 \cdot Di^5$$

$$N_p = \text{Power Number} = 7$$

$$\rho = \text{densitas campuran} = 48,514 \text{ lb/ft}^3$$

$$Di = \text{diameter pengaduk} = 3,271 \text{ ft}$$

$$Ni = \text{Kecepatan pengaduk} = 0,616 \text{ rps}$$

$$Pa = 29837,57 \text{ Watt} = 29,837 \text{ kW} = 40,012 \text{ HP}$$

Daya motor, efisiensi motor adalah 80%, sehingga

$$P = 44,958 \text{ HP}$$

Dipilih power standar $P = 60 \text{ HP}$ (NEMA, Rase & Barrow, 1957)

Neraca Panas Reaktor

Suhu masuk = $60^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$

Suhu keluar = $60^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$

$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

Nilai ΔH untuk arus masuk reaktor

Komponen	Kmol/jam	Cp (kJ/kmol.K)	ΔH_1
$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$	4,324	7.140,11	30.877,21
CH_3OH	308,118	2.854,12	879.407,19
NaOH	0,337	3.047,49	1.027,95
H_2O	1,342	2.634,24	3.537,77
Pd/C	0,046	1.661,38	77,44
H_2	5,189	1.009,44	5.238,33
$\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$	0	0	0
Total (kg/jam)			920.165,892

Nilai ΔH untuk arus keluar reaktor

Komponen	Kmol/jam	Cp (kJ/kmol.K)	ΔH_2
$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$	0,004	7.140,11	30,88
CH_3OH	308,118	2.854,12	879.407,19
NaOH	0,337	3.047,49	1.027,95
H_2O	1,342	2.634,24	3.537,77

Pd/C	0,046	1.661,38	77,44
H ₂	0,869	1.009,44	5.238,33
C ₈ H ₁₀ O	4,320	17.033,97	73.589,32
Total (kg/jam)			958.547,96

Nilai ΔH_R

$$\Delta H_R = \Delta H_f \text{Produk} - \Delta H_f \text{Reaktan}$$

$$\Delta H_R = -13.338,63 - (-16862,61)$$

$$\Delta H_R = -3524,98 \text{ kJ/jam}$$

Karena ΔH_R bernilai negatif maka reaksi berjalan secara eksotermik

Nilai Q Pendingin

$$Q = H_{in} - H_{out} + \Delta H_R$$

$$Q = 920.165,89 - 958.547,96 + 3.524,98$$

$$Q = -34857,09 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga, Neraca Panas Total pada alat Reaktor

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	920.165,892	
ΔH_R	3.524,98	
ΔH keluar		958.547,96
Q Pendinginan		-34.857,09
Total	923.690,87	923.690,87

Luas Perpindahan Panas:

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai U_D untuk *heavy organics* dan air, dipilih yaitu: 75 Btu/ft².°F.jam

$$A = 0.0261 \text{ m}^2$$

Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m}{\text{densitas air}}$$

$$Q_v = 823,577 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menentukan Tebal Jaket Pendingin

Berdasarkan Persamaan 13.10 (Brownell Hal 256)

$$t_h = \frac{P \cdot d \cdot V}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} + C$$

Nilai t_h yang dihitung adalah 2,94 in

$$t_h \text{ standar} = 3 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 138 \text{ in}$$

Nilai U_C dan U_D

$$U_C = 152,432 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F.jam}$$

$$U_D = 132,270 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F.jam}$$

Perancangan *Sparger*

$$\text{Massa H}_2 = 10,378 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ H}_2 = 6,45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pressure H}_2 = 35 \text{ atm}$$

$$\text{Suhu liquid} = 60^\circ\text{C}$$

$$\text{Bahan konstruksi} = \textit{Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316}$$

f. Menentukan Rate Volumetrik

$$v \text{ H}_2 = \frac{\textit{laju alir gas}}{p \text{ H}_2}$$

$$v \text{ H}_2 = 1,609 \text{ m}^3/\textit{jam}$$

g. Menentukan Rate Volumetrik Aktual

$$ACFM = vH_2 \times \frac{14,7}{14,7 + P} \times \frac{460 + T}{520}$$

(mott corporation, 2023)

$$ACFM = 0,030 \text{ ft}^3/\textit{menit}$$

h. Menentukan Kecepatan Gas Keluar

$$\textit{Agigator tip speed} = \frac{\textit{Diameter Pengaduk} \times \textit{RPM}}{229}$$

(mott corporation, 2023)

$$\textit{Agigator tip speed} = 6,342$$

Dari *Design Guide Sparging Mott Corporation*, dipilih:

Kecepatan gas keluar (FPM) = 30 ft/min

i. Menentukan Luas Sparger

$$A = \frac{ACFM}{FPM} \quad (\text{mott corporation, 2023})$$

$$A = 0,00103 \text{ ft}^2$$

j. Menentukan Spesifikasi Sparger

Dari (mott corporation, 2023), digunakan *sparger* untuk luas permukaan diatas, adalah:

Tipe *Sparger* : *Type A Hex Nipple Sparger*

Diameter *Sparger* (D) : 0,375 in

Panjang *Sparger* (L) : 6 in

Diameter pipa penyambung (A) : 0,25 in

Luas permukaan *sparger* : 0,05 in

k. Menghitung Jumlah Lubang Orifice

Menghitung kecepatan massa yang melalui *orifice* :

$$Re = \frac{4 \times W_o}{d_o \times \pi \times \mu_{Gas}}$$

Keterangan :

W_o = Kecepatan massa gas yang melalui *orifice*

d_o = Diameter *orifice* (mm)

Re_o = Bilangan reynold gas pada *orifice* (10.000 – 50.000)

Dipilih bilangan Reynold yaitu = 10.000

(Treybal, 1981)

Diameter *orifice* (d_o) = 3,0 mm = 0,003 m

(Treybal, 1981)

Maka dapat dihitung untuk kecepatan massa gas, yaitu:

$W_o = 0,000211$

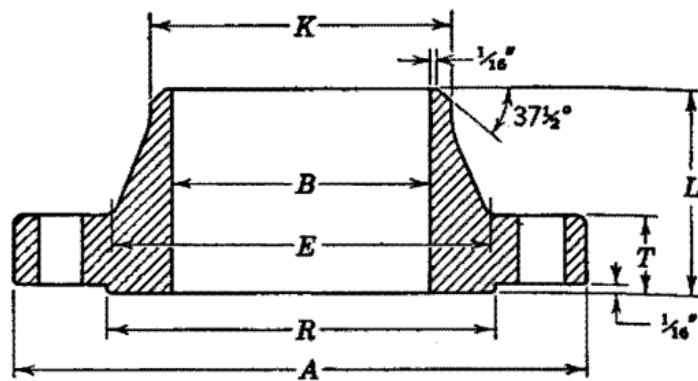
Perancangan *Strainer*

$D_{\text{dalam pipa}}$ = 4,0 in

D_{padatan} = 4,75 mm

$D_{\text{lubang strainer}}$ = 3,0 mm

Menentukan diameter penampang strainer:



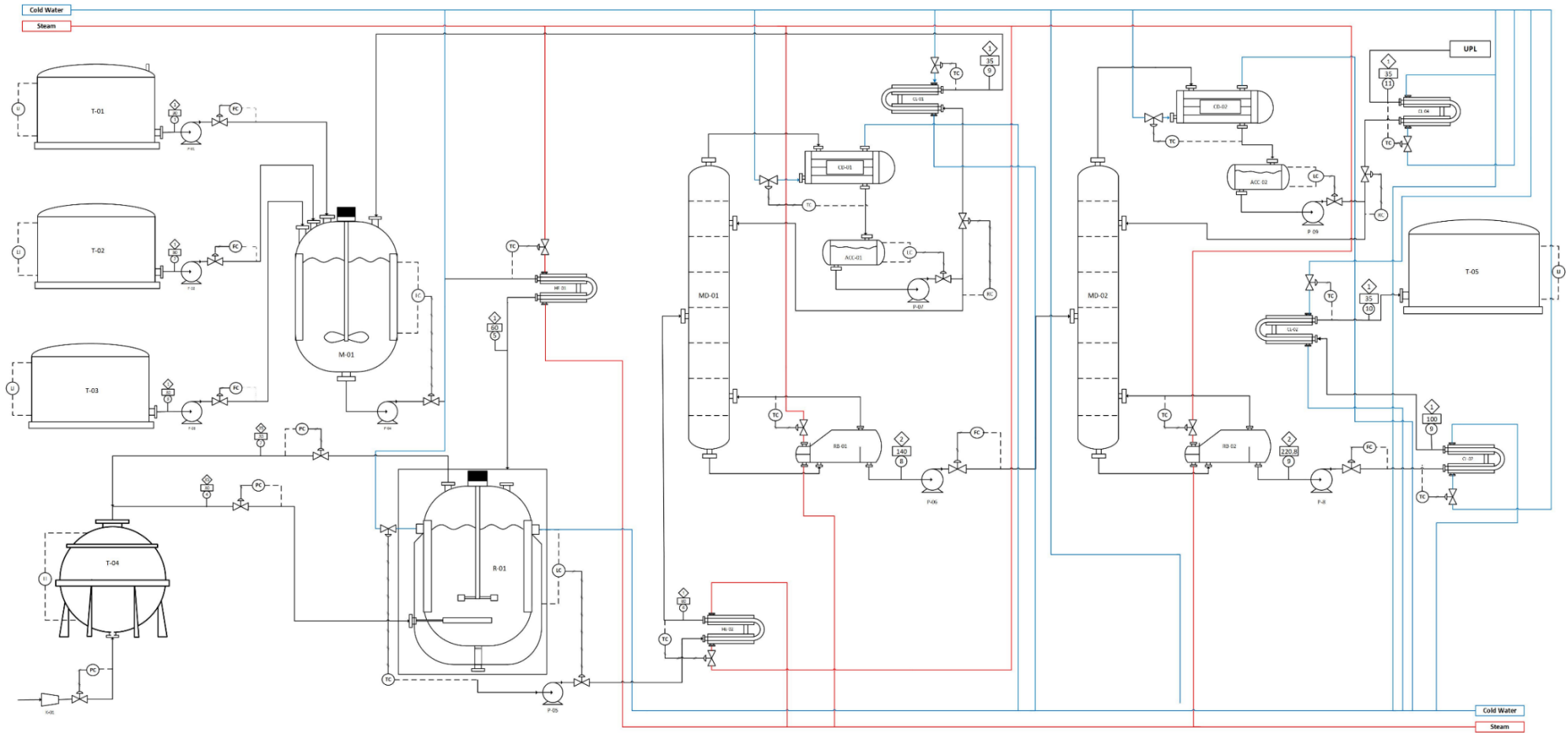
(Brownell & Young, 1959)

Untuk diameter pipa 4 in, digunakan diameter penampang sebesar:

A = 9,00 in

B = 4,03 in

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL DARI STERENA OKSIDA DAN HIDROGEN
KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C ₂ H ₆ O		518,9370			518,9370	0,5189		0,5182		0,5182	0
CH ₃ OH	132,5137				9859,8028	9859,8028		132,4944	9727,2891		109,1770
NaOH			1,3492		1,3492	1,3492		1,3492		1,3492	
H ₂ O		10,5906	1,3492		13,9886	13,9886		12,3792	1,6093	0,1031	12,2759
H ₂				10,3787				1,7384			
C ₈ H ₁₀ O						527,0584		527,0570		527,0570	10,0241
TOTAL	132,5137	529,5275	2,6985	10,3787	10401,8617	10424,1902	1,7384	650,4810	9752,2200	529,0272	121,453

Keterangan Instrumen	
FC	Flow Control
LC	Level Control
LI	Level Indicator
TC	Temperature Control

Keterangan Alat	
ACC	Accumulation
CL	Cooler
CD	Condenser
HE	Heat Exchanger
K	Compressor
MD	Mixer Distilled
CD	Condenser
R	Reaktor
RB	Reboiler
T	Tangki
P	Pompa
M	Mixer
TV	Expansion Valve



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PRA RANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL
DARI STERENA OKSIDA DAN HIDROGEN DENGAN
KAPASITAS 4000 TON/TAHUN

DIBUSUN OLEH :
 Novel Ramadhani (1951199)
 Syamsi Syarif Mubandari (19521202)

DISEKSI PEMBIMBING :
 Dr. Kholidza Cahyani, S.T., M.Sc.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN




1. Nama Mahasiswa : Noval Ramadhani
No. MHS : 19521188
2. Nama Mahasiswa : Syauqy Syamil Muhammad
No. MHS : 19521193

Judul Prarancangan *) :

PRA RANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL DARI STIRENA OKSIDA
DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **8 April 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	20/10/2022	Penentuan kapasitas pabrik	
2	18/11/2022	Penentuan kapasitas pabrik	
3	14/12/2022	Penentuan kappasitas pabrik, pemilihan proses, dan penentuan spesifikasi bahan	
4			
5			
6			
7			
8			

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 6 Oktober 2023

Pembimbing,



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Noval Ramadhani
No. MHS : 19521198
2. Nama Mahasiswa : Syauqy Syamil Muhammad
No. MHS : 19521202

Judul Prarancangan *) :

PRA RANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL DARI STIRENA OKSIDA
DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **9 April 2023**

Batas Akhir Bimbingan : **6 Oktober 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	15/05/2023	Penentuan diagram alir	
2	29/05/2023	Penentuan neraca massa	
3	07/06/2023	Perhitungan Reaktor	
4	15/06/2023	Perhitungan Reaktor	
5	22/06/2023	Perhitungan Alat Besar Dekanter dan Mixer	
6	11/07/2023	Perhitungan Alat Besar MD	
7	20/07/2023	Perhitungan Alat Besar MD	
8	31/07/2023	Perhitunagan Alat Kecil Penukar Panas	
9	22/08/2023	Perhitunagan Alat Kecil Penukar Panas	
10	30/08/2023	PEFD	
11	26/09/2023	Perhitungan Utilitas dan Evaluasi Ekonomi	
12	02/10/2023	Naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 6 Oktober 2023

Pembimbing,



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy