

No: <Identifikasi>

PRA RANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENE DARI ETANOL DENGAN KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Muhammad Fariz Azhar Nama : Bima Anugerah Vyatra
NIM : 18521036 NIM : 18521172

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENE DARI ETANOL DENGAN KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fariz Azhar Nama : Bima Anugerah Vyatra
NIM : 18521036 NIM : 18521172

Yogyakarta, 18 Oktober 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

TTd



Muhammad Fariz Azhar

TTd



Bima Anugerah Vyatra

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENE DARI ETANOL DENGAN
KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Nama : Muhammad Fariz Azhar Oleh: Nama : Bima Anugerah Vyatra
NIM : 18521036 NIM : 18521172

Yogyakarta, Oktober 2022

Pembimbing I

Pembimbing II,



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

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRARANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENE DARI
ETANOL DENGAN KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Muhammad Fariz Azhar Nama : Bima Anugerah Vyatra
NIM : 18521036 NIM : 18521172

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

Yogyakarta, Oktober 2022

Tim Penguji,
<nama>
Ketua


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

<nama>
Anggota I


Dr. Diana, S.T., M.Sc

<nama>
Anggota II

 22 November 2022
Lilis Kistrivani, S. T., M. Eng

Mengetahui:

**Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Dr. Iha Puspasari S. T., M. Eng

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Kimia 1,3 *Butadiene* dari Etanol dengan Kapasitas 34.000 Ton/Tahun” ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapatkan selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, dan merupakan sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
8. *Circle AKKC* karena telah menemani kami dalam perjalanan mengerjakan tugas akhir maupun perkuliahan dan menghibur kami ketika *stuck* dalam pengerjaan tugas akhir.
9. *Circle Ersyadha* karena telah menemani kami dalam perjalanan mengerjakan tugas akhir maupun perkuliahan dan menghibur kami ketika *stuck* dalam pengerjaan tugas akhir.
10. Kepada band *westlife* yang telah menghibur dan membuat kami bernyanyi sekencang mungkin hingga lupa rasanya sakit seketika menjadi bahagia selalu.
11. *Game Mobile Legend* yang selalu bisa membuat kami terhibur dalam segala kondisi.

12. Permainan capit boneka *fantastic* yang selalu bisa membuat rasa penasaran dan bahagia.
13. *Coffee Shop* yang ada dijogja karena sudah bisa membuat tempat yang nyaman untuk mengerjakan.
14. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
15. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Untuk itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 18 Oktober 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	1
1.3 Tinjauan Pustaka.....	11
1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	15
BAB II.....	21
PERANCANGAN PRODUK	21
2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung.....	21
2.2 Spesifikasi Sifat Kimia Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung.....	23
2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk berdasarkan Analisis Risiko Proses	24
2.4 Pengendalian Kualitas.....	25
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	25
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses.....	25
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	27
BAB III	28
PERANCANGAN PRODUK	28
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	28
3.1.1 Diagram Alir Proses.....	28
3.1.2 Diagram Alir Material.....	29
3.2 Uraian Proses	30
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan baku.....	32
3.2.2 Tahap Pembentukan Produk.....	32
3.2.3 Tahap Pemisahan Produk.....	32
3.3 Spesifikasi Alat.....	34
3.3.1 Vaporizer.....	34
3.3.2 Reaktor 1.....	35
3.3.3 Reaktor 2.....	36
3.3.4 Separator 1.....	36

3.3.5	<i>Separator 2</i>	37
3.3.6	<i>Separator 3</i>	37
3.3.7	<i>Menara Distilasi</i>	38
3.3.8	<i>Condenser Parsial 1</i>	39
3.3.9	<i>Condenser Parsial 2</i>	40
3.3.10	<i>Condenser Parsial 3</i>	41
3.3.11	<i>Condenser Total 4</i>	42
3.3.12	<i>Reboiler</i>	43
3.3.13	<i>Akumulator</i>	44
3.3.14	<i>Heater -01</i>	45
3.3.15	<i>Cooler-01 dan Cooler-02</i>	46
3.3.16	<i>Cooler-03</i>	47
3.3.17	<i>Tangki Penyimpanan</i>	48
3.3.18	<i>Pompa</i>	49
3.4	<i>Neraca Massa</i>	51
3.5	<i>Neraca Panas</i>	56
BAB IV		61
PERANCANGAN PABRIK		61
4.1	<i>Lokasi Pabrik</i>	61
4.1.1	<i>Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik</i>	62
4.1.2	<i>Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik</i>	65
4.2	<i>Tata Letak Pabrik (Plant Layout)</i>	67
4.2.5	<i>Keamanan</i>	69
4.3	<i>Tata Letak Alat Proses (Machines Layout)</i>	72
4.4	<i>Organisasi Perusahaan</i>	77
BAB V.....		104
UTILITAS.....		104
5.1	<i>Pelayanan Teknik (Utilitas)</i>	104
5.1.1	<i>Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)</i>	104
5.1.2	<i>Unit Penyediaan Dowtherm (Dowtherm System)</i>	115
5.1.3	<i>Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)</i>	116
5.1.4	<i>Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)</i>	117
5.1.5	<i>Unit Penyediaan Udara Tekan (Instrument Air System)</i>	120
5.1.6	<i>Unit Penyediaan Bahan Bakar</i>	121
5.1.7	<i>Unit Pengolahan Limbah</i>	121
5.1.8	<i>Spesifikasi Alat Utilitas</i>	124
BAB VI.....		138
EKONOMI.....		138
6.1	<i>Evaluasi Ekonomi</i>	138
6.1.1	<i>Penaksiran Harga Alat</i>	139
6.1.2	<i>Dasar Perhitungan</i>	141
6.1.3	<i>Perhitungan Biaya</i>	142
6.1.4	<i>Analisa Kelayakan</i>	143

6.1.5	<i>Hasil Perhitungan</i>	148
6.1.6	<i>Hasil Analisis Keuntungan</i>	151
6.1.7	<i>Hasil Kelayakan Ekonomi</i>	152
BAB VII.....		170
KESIMPULAN DAN SARAN		170
7.1	<i>Kesimpulan</i>	170
7.2	<i>Saran</i>	172
DAFTAR PUSTAKA		173
LAMPIRAN A.....		174
Perancangan Reaktor 1.....		175
Perancangan Reaktor 2.....		181
LAMPIRAN B		186
LAMPIRAN C		193



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor 1,3 Butadiene di Indonesia.....	2
Tabel 1. 2 Produksi 1,3 Butadiene di Indonesia.....	4
Tabel 1. 3 Data Ekspor 1,3 Butadiene di Indonesia	5
Tabel 1. 4 Data Konsumsi 1,3 Butadiene di Indonesia	7
Tabel 1. 5 Ketersediaan bahan baku pembuatan 1,3 Butadiene	9
Tabel 1. 6 Data pabrik 1,3 Butadiene di dunia.....	10
Tabel 1. 7 Pemilihan Proses Pembuatan 1,3 Butadiene	14
Tabel 2. 1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung	21
Tabel 2. 2 Analisis risiko proses	24
Tabel 3. 1 Spesifikasi Vaporizer	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor 1	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor 2	36
Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator 1 (SP-01)	36
Tabel 3.5 Spesifikasi Separator 2 (SP-02)	37
Tabel 3.6 Spesifikasi Separator 3 (SP-03)	37
Tabel 3.7 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01)	38
Tabel 3.8 Spesifikasi Condenser parsial (CD-01).....	39
Tabel 3.9 Spesifikasi Condenser parsial (CD-02).....	40
Tabel 3.10 Spesifikasi Condenser parsial (CD-03).....	41
Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>Condenser Total</i> (CD-04)	42
Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler	43
Tabel 3. 13 Spesifikasi Akumulator	44
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Heater</i> -01	45
Tabel 3. 15 Spesifikasi Cooler-01 dan Cooler-02	46
Tabel 3. 16 Spesifikasi Cooler-03	47
Tabel 3. 17 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	48
Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa	49
Tabel 3. 15 Neraca Massa Vaporizer (V-01)	51
Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	51
Tabel 3. 17 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02)	52
Tabel 3. 18 Neraca Massa Condenser Parsial 1 (CD-01).....	52
Tabel 3. 19 Neraca Massa Separator (SP-01).....	53
Tabel 3. 20 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01).....	53
Tabel 3. 21 Neraca Massa Condenser Total (CD-02)	53
Tabel 3. 22 Neraca Massa Reboiler (RB-01)	54
Tabel 3. 23 Neraca Massa Kompresor 1 (C-01)	54
Tabel 3. 24 Neraca Massa Condenser Parsial (CD-02).....	54
Tabel 3. 25 Neraca Massa Separator (SP-02).....	55
Tabel 3. 26 Neraca Massa Kompresor 2 (C-02)	55
Tabel 3. 27 Neraca Massa Condenser Parsial 3 (CD-03).....	55
Tabel 3. 28 Neraca Massa Separator 3 (SP-03).....	56
Tabel 3. 29 Neraca Panas Vaporizer (V-01)	56
Tabel 3. 30 Neraca Panas Reaktor 1 (R-01).....	56
Tabel 3. 31 Neraca Panas Reaktor 2 (R-02).....	57
Tabel 3. 32 Neraca Panas <i>Condenser Parsial</i> (CD-01).....	57
Tabel 3. 33 Neraca Panas <i>Condenser Parsial</i> (CD-02).....	57

Tabel 3. 34 Neraca Panas Condensor Parsial (CD-03)	58
Tabel 3. 35 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)	58
Tabel 3. 36 Neraca Panas Separator 1 (SP-01)	58
Tabel 3. 37 Neraca Panas Separator 2 (SP-02)	59
Tabel 3. 38 Neraca Panas Separator 3 (SP-03)	59
Tabel 3. 39 Neraca Panas Heater 1 (HE-01)	59
Tabel 3. 40 Neraca Panas Cooler 1 (CL-01)	59
Tabel 3. 41 Neraca Panas Cooler 2 (CL-02)	60
Tabel 3. 42 Neraca Panas Cooler 3 (CL-03)	60
Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik	70
Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan	93
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan	94
Tabel 4. 4 Jadwal Shift Karyawan	97
Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan	98
Tabel 5. 1 Total kebutuhan air	115
Tabel 5. 2 Kebutuhan Listrik Alat Proses	118
Tabel 5. 3 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas	119
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik	120
Tabel 5. 5 Pompa Utilitas	124
Tabel 5. 6 Bak Utilitas	132
Tabel 5. 7 Tangki Utilitas	133
Tabel 5. 8 Spesifikasi Screener	135
Tabel 5. 9 Spesifikasi Sand Filter	135
Tabel 5. 10 Spesifikasi Cooling Tower Dowtherm	136
Tabel 5. 11 Spesifikasi Daerator	136
Tabel 5. 12 Spesifikasi Blower	136
Tabel 5. 13 Spesifikasi <i>Mixed Bed</i>	137
Tabel 6. 1 Physical Plant Cost	148
Tabel 6. 2 Direct Plant Cost	148
Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment	148
Tabel 6. 4 Direct Manufacturing Cost	149
Tabel 6. 5 Indirect Manufacturing Cost	149
Tabel 6. 6 Fixed Manufacturing Cost	149
Tabel 6. 7 Manufacturing Cost	149
Tabel 6. 8 Working Capital	150
Tabel 6. 9 General Expenses	150
Tabel 6. 10 Total Production Cost	150
Tabel 6. 11 Fixed Cost	150
Tabel 6. 12 Variable Cost	151
Tabel 6. 13 Regulated Cost	151

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor 1,3 Butadiene di Indonesia	3
Gambar 1.2 Grafik ekspor 1,3 butadiene di Indonesia.....	6
Gambar 3.1 Diagram alir proses	28
Gambar 3. 2 Diagram alir material.....	29
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik.....	62
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)	71
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat-Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	76
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi	81
Gambar 5. 1 Diagram alir pengolahan air	123
Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Indeks Harga	140
Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point	154



ABSTRAK

Pada pabrik ini produk utama yang ingin di bentuk adalah 1.3 *Butadiene*, dimana *butadiene* adalah salah satu senyawa industri penting yang digunakan sebagai monomer dalam produksi karet sintesis. Biasanya 1.3 *Butadiene* digunakan terutama untuk polimer termasuk *Styrene Butadiene Rubber* (SBR), *Butadiene Rubber* (BR), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Styrene Butadiene Latex* (SBL). Pabrik 1.3 *Butadiene* direncanakan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur dikarenakan dekat dengan bahan baku yaitu etanol. Pada pabrik ini proses pembuatan 1.3 *Butadiene* dibuat dari etanol dan asetaldehid dimana asetaldehid dibuat terlebih dahulu dengan proses dehidrogenasi etanol. Pada pabrik ini digunakan 2 buah *reactor fixed bed multitube*. Reaksi berlangsung pada fase gas-gas dengan tekanan 1,3 atm dan suhu 325 °C pada Reaktor 1 dan tekanan 1 atm dan suhu 325 °C pada Reaktor 2. Proses pemisahan dengan menggunakan Separator dan Menara Distilasi. Produk 1.3 *Butadiene* merupakan produk bawah separator dengan kemurnian 99%. Pabrik diperkirakan beroperasi pada tahun 2027, beroperasi selama 24 jam perhari dan 330 hari per tahun dengan kebutuhan bahan baku etanol sebesar 13.544,23 kg/jam, asetaldehid 11.4219,16 kg/jam. Jumlah tenaga kerjayang dibutuhkan sebanyak 172 orang. Evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa Percent Return Of Invesment (ROI) sebelum pajak 14,36% dan sesudah pajak 11,49%, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 4,2 tahun, setelah pajak 5 tahun. *BreakEvent Point* (BEP) 56,58 %, *Shut Down Point* (SDP) 20,31%, dan *Discounted CashFlow Rate* (DCFR) 24,98%. Berdasarkan evaluasi maka pabrik 1.3 *Butadiene* dari etanol dan produk samping asetaldehid dengan proses dehidrogenasi etanol kapasitas 34.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata kata kunci: 1.3 *Butadiene*, Asetaldehid, Dehidrogenasi, Etanol, Industri kimia

ABSTRACT

In this factory the main product to be formed is 1.3 Butadiene, where butadiene is one of the important industrial compounds used as monomer in the production of synthetic rubber. Usually 1.3 Butadiene is used mainly for polymers including Styrene Butadiene Rubber (SBR), Butadiene Rubber (BR), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) and Styrene Butadiene Latex (SBL). The 1.3 Butadiene plant is planned to be established in the Gresik area, East Java because it is close to the raw material, namely Ethanol. In this factory the manufacturing process of 1.3 Butadiene is made from ethanol and acetaldehyde where acetaldehyde is made first by the ethanol dehydrogenation process. In this plant, 2 fixed bed multitubereactors are used. The reaction takes place in the gas phase with a pressure of 1.3atm and a temperature of 325 °C in Reactor 1 and a pressure of 1 atm and a temperature of 325 °C in Reactor 2. The separation process uses a separator and a distillation tower. Product 1.3 Butadiene is the bottom product of the separator with 99% purity. The factory is estimated to operate in 2027, operating for 24 hours per day and 330 days per year with raw material requirements of ethanol of 13,544.23 kg/hour, acetaldehyde 11,4219,16 kg/hour. The number of workers needed is 172 people. Economic evaluation shows that the Percent Return Of Investment (ROI) before tax is 14.36% and after tax is 11.49%, Pay Out Time (POT) before tax is 4.2 years, after tax is 4.8 years. Break Event Point (BEP) 56.58%, ShutDown Point (SDP) 20.31%, and Discounted Cash Flow (DCF) 24.98%. Based on the evaluation, the 1.3 Butadiene plant from Ethanol and acetaldehyde by-products with the Ethanol Dehydrogenation process with a capacity of 34,000 tons/year is feasible to build.

Keywords: 1.3 Butadiene, Acetaldehyde, Dehydrogenation, Ethanol, Chemical industry

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki perkembangan sektor industri tiap tahunnya mengalami perkembangan yang pesat, khususnya pembangunan di subsektor industri kimia. Karet sintetis adalah salah satu industri yang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Penggunaan karet sintetis mulai menggeser penggunaan karet alam karena sifat fisis karet sintetis lebih baik seperti lebih tahan lama, lebih kuat dan tahan asam. Bahan baku karet sintetis adalah senyawa butadiena.

Senyawa 1,3-*Butadiene* dengan rumus kimia C_4H_6 , senyawa ini mempunyai nama lain *buta-1,3-diene*, *Erythreen*, *Bivinyll*, *Bioethylene*, *Vinil Ethylene* sedangkan nama IUPAC dari senyawa ini adalah *1,3-Butadiene*. Pada industri sintetik elastomer, chloroprene, polimer, resin, dan industri adiponitril merupakan industri yang menggunakan butadiene terbesar.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi dapat berpengaruh terhadap perancangan maupun beroperasinya suatu pabrik. Semakin besar kapasitas produksinya maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Namun ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik 1,3 *Butadiene* yang direncanakan beroperasi pada tahun 2027. Kapasitas produksi pabrik 1,3 *Butadiene* dapat ditentukan berdasarkan beberapa pertimbangan berikut:

1. Kebutuhan 1,3 *Butadiene*
2. Kapasitas pabrik 1,3 *Butadiene* di dunia
3. Ketersediaan bahan baku
4. Pabrik yang sudah ada di Indonesia

1.2.1 Kebutuhan Produk 1,3 *Butadiene* di Indonesia

a. Supply

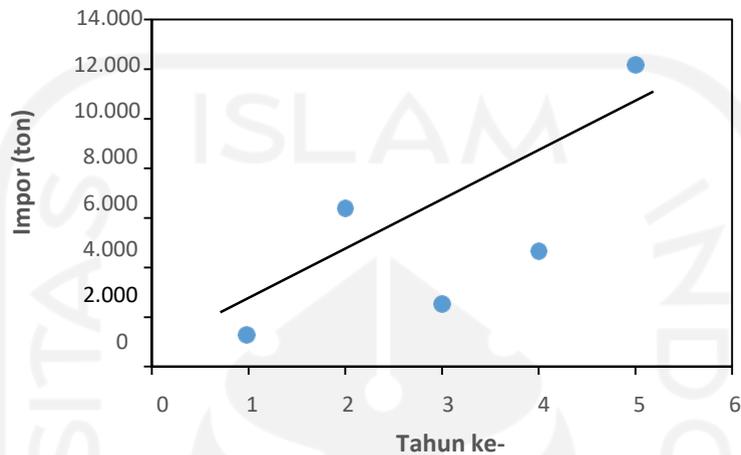
- Impor

Pemenuhan kebutuhan 1,3 *Butadiene* di Indonesia selama ini dipenuhi oleh kegiatan impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS) Indonesia, perkembangan jumlah kebutuhan impor 1,3 *Butadiene* di Indonesia tahun 2008-2012 mengalami peningkatan namun cenderung fluktuatif dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Data Impor 1,3 Butadiene di Indonesia

Tahun	Impor (ton)
2008	1.706
2009	7.405
2010	2.477
2011	4.504
2012	12.753

Untuk memproyeksikan kebutuhan impor 1,3 *Butadiene* di Indonesia pada tahun 2027, maka dilakukan regresi linear dari data impor yang ditunjukkan pada Tabel 1.1. Grafik hasil regresi linear dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Grafik Impor 1,3 Butadiene di Indonesia

Perkiraan impor 1,3 *Butadiene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan $y = 1.919x - 3.852.024$ dimana nilai x sebagai tahun ke- dan y adalah jumlah impor 1,3 *Butadiene*. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat diketahui bahwa jumlah impor 1,3 *Butadiene* di Indonesia pada tahun 2027 (tahun ke-6) sebesar :

$$y = a + bx$$

$$y = 1.919x - 3.852.024$$

$$y = 34.281.604 \text{ kg/tahun}$$

$$y = 37.789 \text{ ton/tahun}$$

- Produksi

Produksi 1,3 *Butadiene* di Indonesia berdasarkan (Biro Data Indonesia, 2012) hanya didapatkan dari PT. Chandra Asri Petrochemical, PT. Indo Acidatama, PT. Petrokimia *Butadiene* yangmana ditunjukkan datanya dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. 2 Produksi 1,3 Butadiene di Indonesia

Pabrik	Jumlah (Ton)
PT. Acidatama	12.000
PT. Mollindo Raya Industrial	80.000
PT. <i>Qingdao Jieruixin Machinery and Technology co., Ltd.</i>	2.000
PT. <i>Weifang Greatland Chemicals</i>	24.000
Total	98.000

Berdasarkan persamaan data impor dan produksi 1,3*Butadiene* di Indonesia pada tahun 2027 yang telah diketahui, makadapat ditentukan besar nilai *supply* 1,3 *Butadiene* di Indonesia, yaitu:

$$Supply = \text{Impor} + \text{Produksi}$$

$$Supply = 37.789 + 98.000$$

$$Supply = 129.789 \text{ ton/tahun}$$

b. Demand

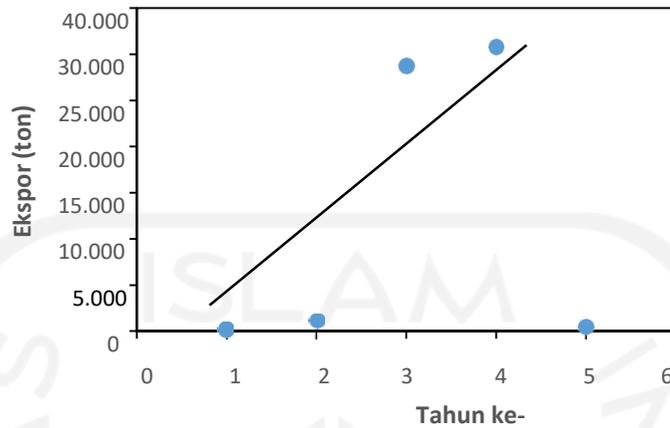
- Ekspor

Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia mengenai ekspor *1,3 Butadiene* di Indonesia dari tahun ke tahun cukup fluktuatif. Perkembangan data ekspor *1,3 Butadiene* di Indonesia pada tahun 2012-2021 dapat dilihat pada tabel 1.3 berikut:

Tabel 1. 3 Data Ekspor 1,3 Butadiene di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton)
2008	253
2009	129
2010	30.007
2011	31.595
2012	109

Dari data ekspor di atas dapat diproyeksikan untuk tahun 2027 menggunakan persamaan linear dari regresi linear dengan membuat grafik linear antara data tahun ke- sumbu x dan data ekspor sumbu y, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik ekspor 1,3 butadiene di Indonesia

Perkiraan ekspor 1,3 *Butadiene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan $y = -3.118x - 6.254.359$ dimana nilai x sebagai tahun ke- dan y adalah jumlah ekspor 1,3 *Butadiene*. Dengan menggunakan persamaan dapat diketahui bahwa jumlah ekspor 1,3 *Butadiene* di Indonesia pada tahun 2027 (tahun ke-5) sebesar:

$$y = a + bx$$

$$y = 3.118x - 6.254.359$$

$$y = 11.380.200 \text{ kg/tahun}$$

$$y = 65.827 \text{ ton/tahun}$$

- **Konsumsi**

Konsumsi 1,3 *Butadiene* dalam negeri dapat kita ketahui dari data Statistik Manufaktur Bahan Baku Industri setiap tahunnya. Berikut merupakan data konsumsi 1,3 *Butadiene* sebagai bahan bakuditunjukkan pada Tabel 1.4

Tabel 1. 4 Data Konsumsi 1,3 Butadiene di Indonesia

No.	Nama Aplikasi	Jumlah (Kg)
1	Karet Sintesis	48.000
2	Industri Cat	50.000

Dari data konsumsi di atas dapat diproyeksikan untuk tahun 2027 menggunakan persamaan linear dari regresi linear dengan membuat grafik linear antara data tahun ke- sumbu x dan data konsumsi sumbu y.

Oleh karena itu, berdasarkan data ekspor dan data konsumsi 1,3 *Butadiene* di Indonesia pada tahun 2027 yang telah diperoleh, maka dapat ditentukan besar nilai *demand* 1,3 *Butadiene* di Indonesia, yaitu :

$$Demand = Ekspor + Konsumsi$$

$$Demand = 65.827 + 98.000$$

$$Demand = 163.827 \text{ ton/tahun}$$

Kemudian dari proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi untuk tahun 2027. Maka, peluang pasar 1,3 *Butadiene* dapat ditentukan kapasitas rancangan pabrik sebagai berikut:

$$Peluang = Demand - Supply$$

$$Kapasitas = (Ekspor + Konsumsi) - (Impor + Produksi)$$

$$Kapasitas = (163.827 \text{ ton/tahun}) - (129.789 \text{ ton/tahun})$$

$$Kapasitas = 34.038 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut. Untuk kapasitas perancangan pabrik 1,3 *Butadiene* tahun 2027 ditetapkan sebesar 40% dari besarnya peluang, yaitu sebesar 34.038 ton/tahun.

Perhitungan di atas menentukan kapasitas pabrik 1,3 *Butadiene* yang akan didirikan sebesar 34.000 ton/tahun pada tahun 2027, berdasarkan pertimbangan ketersediaan bahan baku di dalam negeri sudah mencukupi dan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang sudah ada dengan kapasitas terendah yaitu 6.000 ton/tahun yang sudah mampu memberikan keuntungan. Selain itu, dengan kapasitas 34.000 ton/tahun juga dapat memenuhi kebutuhan 1,3 *Butadiene* dalam negeri. Pabrik 1,3 *Butadiene* ini juga diharapkan dapat membantu perekonomian Indonesia dan dapat membantu pemerintah dalam menjadikan industri kimia sebagai salah satu penggerak perekonomian nasional.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pembuatan produk 1,3 *Butadiene* C₄H₆ diperlukan bahan baku yaitu antara lain etanol (C₂H₅OH). Kebutuhan bahan baku tersebut dapat diperoleh dari produsen dalam dan luar negeri.

Tabel 1. 5 Ketersediaan bahan baku pembuatan 1,3 Butadiene

No	Nama Pabrik	Produksi, kL/tahun
1	PT. Aneka Kimia Nusantara	5.000
2	PT. Basis Indah	16.000
3	PT. Bukit Manikam Subur Persada	51.200
4	PT. Indo Acidatama Chemical	50.000
5	PT. Madu Baru	6.700
6	PT. Molindo Raya Industrial	10.000
7	PT. Perkebunan Nusantara XI	6.000
8	PT. Indo Lampung Distilley	60.000
9	PT. Sampurna	16.800
10	PT. RNI dan Choi Biofuel Co.	11.200
11	Kinematsu Corporation	30.000
Total		262.900 kL/tahun
		209.005 ton/tahun

1.2.3 Kapasitas Pabrik 1,3 Butadiene di dunia

Dalam memenuhi kapasitas rancangan maka diperlukan puladata kapasitas pabrik yang telah didirikan sebelumnya. Daftar pabrikpenghasil produk senyawa 1,3 Butadiene berdasarkan data dariAlibaba.com dan Madeinchina.com disajikan pada Tabel 1.6 adalahsebagai berikut.

Tabel 1. 6 Data pabrik 1,3 Butadiene di dunia

No	Perusahaan	Negara	Jumlah
1.	Shell Nederland Chemie BV	Belanda	115.000
2.	Plaimex Chemicals Company	Plox, Polandia	60.000
3.	ANIC	Revana,Italia	50.000
4.	Palysar Chemicals Company	Canada	100.000
Jumlah			325.000

Berdasarkan pertimbangan hasil dari peluang dan data kebutuhan 1,3 Butadiene di Indonesia yang setiap tahunnya bertambah,maka kapasitas pabrik 1,3 Butadiene yang akan didirikan pada tahun 2027 adalah 34.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

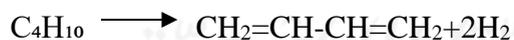
1.3.1 Tinjauan Proses

Macam-macam proses yang digunakan saat pembuatan 1.3-Butadiene antara lain adalah sebagai berikut :

1. Proses Houdry

Proses pembuatan butadiena dengan cara proses houdry adalah dengan cara dehidrogenasi butana menggunakan reaktor alir fixed bed multitube dengan tekanan 1 atm serta suhu kisaran 325- 500°C. Katalis *alumina chromia* merupakan katalisator yang digunakan pada proses houdry. Bahan baku n-butana dari umpan segar kemudian arus recycle diberi panas dengan preheater sampai suhu 500°C, setelah itu direaksikan pada reaktor yang memiliki katalis. Maka hasil dari reaktor tersebut menghasilkan butadiena, butena, dan hidrogen. Hasil reaksi dehidrogenasi yang ingin digunakan berada dalam heat exchanger. Kemudian langkahselanjutnya adalah pemurnian di unit pemurnian berupa menaradistilasi (Othmer, 1964)

Reaksi yang digunakan :



(Faith, 1950)

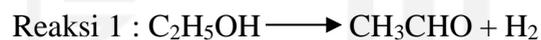
2. Proses Pirolisis Hidrokarbon

Pada proses ini tahap pertama yaitu umpan dari campuran etana, propana, butana, nafta memasuki reaktor furnace yang berlangsung akan mengalami perengkahan pada suhu 790- 830°C. Saat tercapai suhu tersebut campuran dari umpan mengalami perengkahan menjadi hidrogen, propilen, etilen, butadiena, toluena, dan benzena. Kemudian saat keluar reaktor dilakukan pendinginan atau *cooling down* pada *quench tower* dengan tujuan agar tidak terbentuk karbon. Yield yang didapat dari proses ini adalah 3,5% wt (Othmer, 1964).

3. Dari Etanol

Pembuatan butadiena menggunakan etanol memiliki dua tahap proses diantaranya yaitu :

- a. Proses dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehid
- b. Proses Reaksi antara etanol yang tidak bereaksi dengan asetaldehid



Tahap pertama yaitu umpan dari etanol yang memiliki konsentrasi 96% masuk ke dalam *vaporizer* yang berfungsi untuk mendapatkan uap dari etanol, setelah itu uap masuk ke dalam reaktor 1 menggunakan katalis padat sebagai katalisator dimana adanya reaksi yang terjadi yaitu dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehid.

Yield dari reaksi dehidrogenasi sebesar 92% yang menghasilkan asetaldehid kemudian direaksikan dengan etanol excess dari reaksi 1. Rasio yang dimiliki etanol dan asetaldehid yang masuk ke reaktor 2 adalah 3 : 1. Dalam reaktor 2 menggunakan katalisator yaitu katalis tantalum-silika dengan 2% *tantalum pentoxide* dalam silika gel. Reaktor beroperasi dengan menggunakan tekanan atmosferis dan suhu 325°C. Maka total yield adalah sebesar 28- 30% pemurnian produk butadiena dengan distilasi.

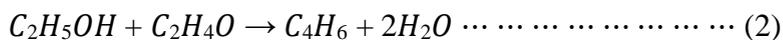
1.3.2 Pemilihan Proses

Pembuatan 1,3-butadiene dengan menggunakan *Ostromislensky Process* atau proses *Haundry Catadiene* atau proses Dehidrogenasi Etanol terdiri dari 2 tahap proses, yaitu pembuatan asetaldehid dari etanol dan pereaksian asetaldehid dan etanol menjadi butadiene. Pembuatan butadiene digunakan dua buah reaktor *fixed bed multitube* pada reaktor pertama difungsikan membentuk asetaldehid yaitu dengan dehidrogenasi etil alkohol pada kondisi operasi suhu sekitar 325°C dengan tekanan 1 atm. Pada reaktor kedua difungsikan untuk mereaksikan etanol dengan asetaldehid membentuk butadiena dengan kondisi operasi reaktor pada suhu sekitar 325°C pada tekanan 1 atm. Katalis yang digunakan yaitu *Aluminium Chromina*.

Pada reaktor 1 reaksi yang terjadi yaitu:



Sedangkan pada reaktor ke 2 reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dalam prarancangan ini, pembuatan butadiene dibuat dari etanol dan asetaldehid dimana asetaldehid nya melalui proses pembuatan terlebih dahulu.

Tabel 1. 7 Pemilihan Proses Pembuatan 1,3 Butadiene

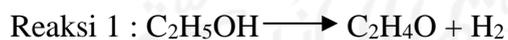
Proses	Konversi	Bahan baku	Kondisi operasi	Kelebihan	Kelemahan
Ostromislensky Process/ Dehidrogenasi Etanol	Konversi Reaksi 1 = 90% Konversi Reaksi 2 = 30%	Etanol dan Asetaldehid	Tekanan 1 atm dan suhu 325-350°C	Alat lebih sedikit dan harga lebih murah	Konversi lebih rendah, membutuhkan 2 bahan katalis
Philips Process	Konversi Reaksi = 99,9%	n-Butena	Suhu 525-350°C dan Tekanan 0,2 atm	Konversi yang dihasilkan lebih tinggi, menggunakan 1 katalis	Alat yang digunakan lebih rumit dan lebih mahal

Dari kedua proses yang telah dijelaskan perlu dipertimbangkan kelayakan pemakaian suatu proses dalam perancangan agar pabrik yang dirancang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Kriteria yang harus diperhatikan dalam pemilihan suatu proses antara lain yaitu, proses sederhana, peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah didapat, kondisi operasi (suhu dan tekanan) yang tidak terlalu tinggi, serta bahan baku yang digunakan murah dan mudah didapat. Setelah mengetahui kelebihan dan kekurangan pada masing-masing proses dan melakukan beberapa pertimbangan, maka dipilih proses dehidrogenasi ethanol atau *Ostromislensky Process*.

1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

1.4.1 Tinjauan Kinetika

Reaksi kimia dipengaruhi oleh kinetika reaksi. Nilai konstanta laju reaksi (k) maupun laju reaksi ($-r_A$) dipengaruhi oleh konsentrasi, tekanan, suhu dan dapat diperoleh dari nilai tumbukan maupun hasil penelitian. Kecepatan reaksi n - butana menjadi 1,3 butadiene merupakan reaksi dari orde satu. Kecepatan dituliskan sebagai berikut :



$$k = 2,57\text{E}83 \text{ T}^{-18,85} \exp^{(-43509 \text{ K/T})}$$

(Marinov, 1998)



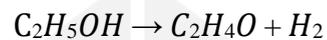
$$k = 0,629 \exp^{(-2178/\text{T})}$$

(Wallas, S.M., 1995)

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Untuk mengetahui sifat reaksi mencakup endotermis maupun eksotermis dan arah reaksi mencakup *reversibel* maupun *ireversibel* diperlukan tinjauan secara termodinamika. Untuk menentukan panas reaksi tersebut dapat dihitung menggunakan $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298,15\text{K}$. Pada proses pembentukan 1.3 butadiena dari etanol terjadi reaksi sebagai berikut:

Reaksi I :



Reaksi II :



Harga $\Delta H^{\circ f}$ yang ingin dicari dapat dilihat dari tabel dibawahberikut ini :

Harga $\Delta H^{\circ f}$ masing-masing komponen

KOMPONEN	Harga $\Delta H^{\circ f}$ (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-277,7
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	-52.63
H_2	0

$$\Delta H_{298} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{298} = (-52,63+0) \text{ kJ/mol} - (-277,7) \text{ kJ/mol}$$

$$= -225,07 \text{ kJ/mol}$$

Karena harga ΔH_{298} (-), maka reaksi bersifat eksotermis. Harga $\Delta G^{\circ f}$ masing-masing komponen.

KOMPONEN	Harga $\Delta G^{\circ f}$ (kJ/mol)
C ₂ H ₅ OH	-174.18
C ₂ H ₄ O	-13.1
H ₂	0

$$\Delta G^{\circ} = - RT \ln K$$

$$\Delta G_{\text{total}} = \Delta G_f \text{ produk} - \Delta G_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta G_{\text{total}} = (\Delta G_f \text{ C}_2\text{H}_4\text{O} + \Delta G_f \text{ H}_2) - \Delta G_f \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$= (-13,1+0) \text{ kJ/mol} - (-174,18) \text{ kJ/mol}$$

$$= 161,08 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_p = - \Delta G / RT$$

$$= - 161,08 \text{ kJ/mol} / 8.314.298.15$$

$$K_p = 2,74 \times 10^{-9}$$

dengan :

K = Konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu

T = Suhu tertentu

$\Delta H_{298.15K}$ = Panas reaksi standar pada 298.15 K

Karena harga konstanta kesetimbangan relatif besar, maka reaksi berlangsung searah ke arahkanan (*irreversible*).

Reaksi II :



Harga $\Delta H^{\circ f}$ yang ingin dicari dapat dilihat dari tabel dibawah berikut ini :

KOMPONEN	Harga $\Delta H^{\circ f}$ (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-277,7
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	-52.63
C_4H_6	110.16
$2\text{H}_2\text{O}$	0

Harga $\Delta H^{\circ f}$ masing-masing komponen

$\Delta H_{298} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$

$\Delta H_{298} = (110,16+0) \text{ kJ/mol} + (-277,7) + (-52,63) \text{ kJ/mol}$

= -335,23 kJ/mol

Nilai yang didapat adalah negatif. Menurut teori jika hasil positif maka termasuk ke reaksi bersifat eksotermis.

KOMPONEN	Harga $\Delta^{\circ}f$ (kJ/mol)
C ₂ H ₅ OH	-174.18
C ₂ H ₄ O	-13.1
C ₄ H ₆	-150.67
2H ₂ O	0

$$\Delta G^{\circ} = - RT \ln K$$

$$\Delta G_{\text{total}} = \Delta G_{\text{f produk}} - \Delta G_{\text{f reaktan}}$$

$$= (\Delta G_{\text{f C}_4\text{H}_6} + \Delta G_{\text{f 2H}_2\text{O}}) - (\Delta G_{\text{f C}_2\text{H}_5\text{OH}}) + (\Delta G_{\text{f C}_2\text{H}_4\text{O}})$$

$$= (-150,67 + 0) - (-174,18) + (13,1)$$

$$= -10,41 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_p = - \Delta G / RT$$

$$= -10410 / 8,314 \cdot 298,15$$

$$= 1,434 \times 10^{13}$$

Melihat dari hasil K_p yang didapat cukup besar, maka reaksi berlangsung searah ke kanan (*irreversible*).

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

Parameter	Produk	Bahan Baku		Bahan dan Produk Pendukung	
	1,3 <i>Butadiene</i>	Etanol	Air	Asetaldehid	Hidrogen
Rumus Molekul	C ₄ H ₆	C ₂ H ₅ OH	H ₂ O	C ₂ H ₄ O	H ₂
Berat Molekul (g/mol)	54,09	46,06	18,05	44,05	2,02
Fase	Cair	Cair	Cair	Cair	Gas
<i>Specific Gravity</i>	1,88	810	1,02	20	0,06
Warna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna
Bau	Seperti Bensin	Khas	-	Tajam Seperti Buah	-
Titik Didih, °C	-4,411	78,29	100	20,20	-259,20
Titik Lebur, °C	-108,90	-114,14	0	-123,50	-259,20
Densitas, g/m ³ (25°C)	0,61	0,78	0,99	0,78	89,88
Kemurnian, % berat	99,5	96	4	95	80

Tabel 2.1. Spesifikasi Sifat fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung (lanjutan)

Parameter	Produk	Bahan Baku		Bahan Pendukung	
	1,3 <i>Butadiene</i>	Etanol	Air	Asetaldehid	Hidrogen
Kelarutan dalam air, g/100 g air	Larut dalam air, eter dan etanol	Larut dalam air, asam asetat, aseton, benzena dll	-	Larut dalam segala perbandingan	Larut dalam air
Sumber	MSDS dan SDS	MSDS dan SDS		MSDS dan SDS	

2.2 Spesifikasi Sifat Kimia Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

1. Produk

- 1,3 *Butadiene*

Cairan tidak berwarna, bau seperti bensin, larut dalam air, larut denganaseton, eter dan etanol. Termasuk dalam bahan yang mudah terbakar.

2. Bahan Baku

- Etanol

Terlihat sebagai cairan tidak berwarna. Larut dengan asam asetat, aseton, benzene, karbon tetraklorida, kloroform, dietil eter, etilena,gllikol, gliserol, nitrometana, piridina, toluene dan larut dalam air.

- Asetaldehid

Terlihat sebagai cairan tidak berwarna. Berbau tajam buah-buahanLarut dalam segala perbandingan. Asetaldehid sendiri menjadi bahan baku pendukung dalam pembentukan produk yaitu 1,3 *Butadiene*.

2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk berdasarkan Analisis Risiko Proses

Tabel 2. 2 Analisis risiko proses

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1.	Kondisi Operasi			
	Suhu :	325 °C		√
	Tekanan :	1 atm	√	
2.	Bahan baku yang digunakan			
	Etanol	<i>Flammability</i> : mudah terbakar kategori 2		√
		<i>Toxicity</i> : Beracun		√
		<i>Reactivity</i> : Tidak Reaktif	√	
		<i>Corrosivity</i> : Tergolongkorosi, kategori-dua		√
	Asetaldehid	<i>Flammability</i> : Mudahterbakar, kategori tiga		√
		<i>Toxicity</i> : Tidak beracun	√	
		<i>Reactivity</i> : Uap dapat membentuk campuran mudah-meledak dengan udara.		√
<i>Corrosivity</i> : Tidak korosi		√		
3	Sifat produk yang dihasilkan			
	1,3 Butadiene	<i>Flammability</i> : Mudah terbakar kategori 4		√
		<i>Toxicity</i> : Tidak beracun	√	
		<i>Reactivity</i> : Reaktif kategori 2	√	
		<i>Corrosivity</i> : Tergolongsedikit korosi	√	

Melihat parameter pada Tabel 2.2, maka pabrik 1,3 Butadiene dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko rendah (*low risk*).

2.4 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk yaitu membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan yang ada dan mengambil tindakan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar yang telah ditetapkan (Montgomery, 1990).

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pemilihan bahan baku dengan kualitas yang baik dapat menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Pengujian bahan baku sebelum proses produksi dapat dilakukan agar produk yang akan dihasilkan sesuai dengan standar yang diinginkan. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menganalisa bahan baku adalah sebagai berikut:

- a.* Kemurnian bahan baku yaitu etanol
- b.* Kandungan air yang ada dalam air
- c.* Kadar zat pengotor

2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk menjaga produk yang dihasilkan. Pengendalian ini sudah harus dilakukan dari mulai bahan baku sampai menjadi produk. Pengawasan bukan hanya dilakukan di laboratorium tetapi juga di alat kontrol. Pengawasan dan pengendalian terhadap jalannya operasi dilakukan dengan alat

pengendalian yang terdapat pada *control room* atau ruang pengawasan, pengawasan dilakukan secara *automaticcontrol* dengan menggunakan indikator.

Apabila sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya menyala, maka itu merupakan tanda 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 maupun tekanan. Alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu yaitu antara lain:

a. *Level Control*

Level control adalah alat kontrol yang dipasang pada bagian atas tangki apabila belum sesuai dengan kondisi operasi yang ditetapkan maka tanda atau isyarat berupa suara atau lampu akan menyala dan berbunyi.

b. *Level Indicator*

Level Indicator adalah alat yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian terakhir cairan).

c. *Flow control*

Flow control adalah alat kontrol yang dipasang pada aliran masuk bahan baku, dan aliran keluar proses.

d. *Temperature control*

Temperature control adalah alat kontrol yang dipasang di dalam setiap alat proses yang digunakan. Apabila belum sesuai dengan kondisi operasi yang ditetapkan maka tanda atau isyarat berupa suara atau lampu akan menyala dan berbunyi.

e. *Pressure Controller* (pengendalian tekanan dalam suatu alat).

Apabila pengendalian proses dilakukan suatu kerja pada satu harga tertentu supaya produk yang dihasilkan sesuai dan memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk dapat mengetahui bahan baku atau produksudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengawasan dan pengendalian produksi dilakukan setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dilakukan. Pengawasan ini dilakukan demi kelancaran proses dengan baik.

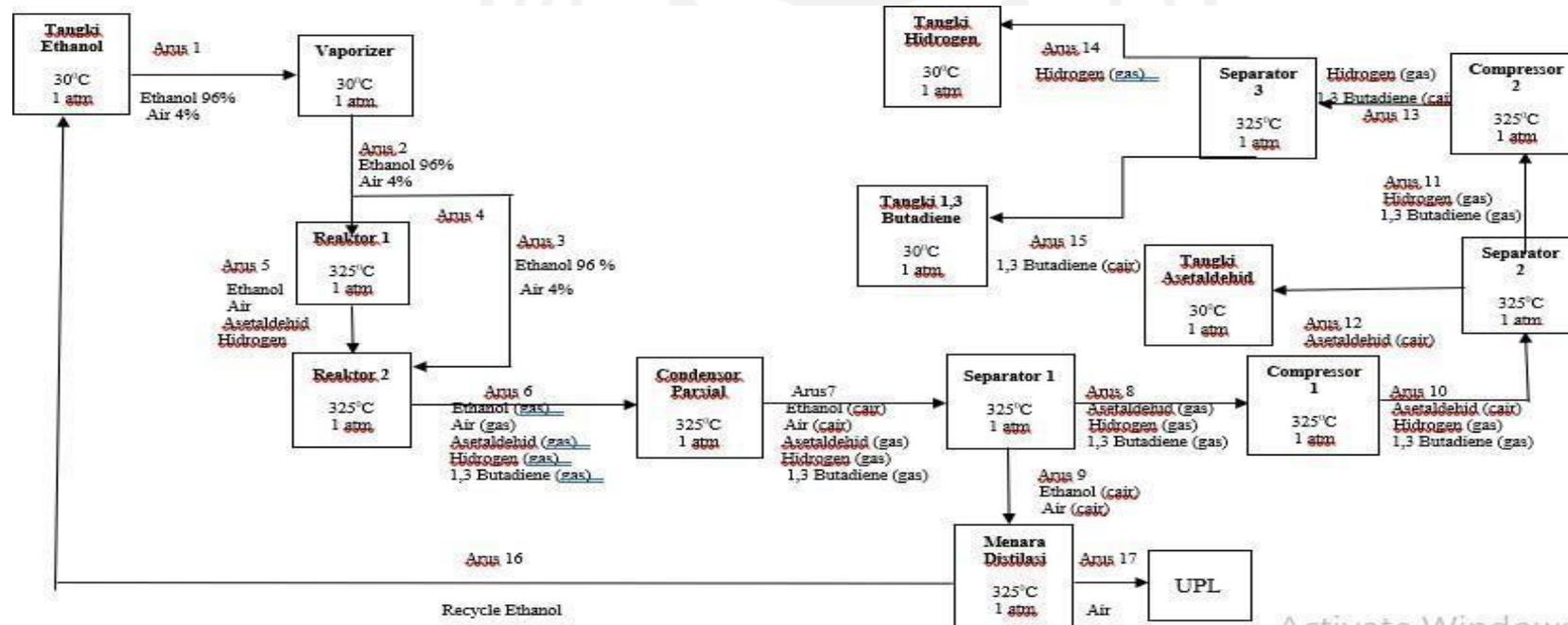
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengawasan terhadap kualitas produk yang dihasilkan dilakukan untuk memperoleh mutu yang bagus. Kegiatan produksi diharapkan dapat memperoleh produk yang sesuai standar dan bermutu bagus serta jumlahproduksi sesuai dengan yang sudah direncanakan. Produk yang telah dihasilkanharus dianalisa kualitasnya sebelum produk tersebut sampai ke konsumen.

BAB III PERANCANGAN PRODUK

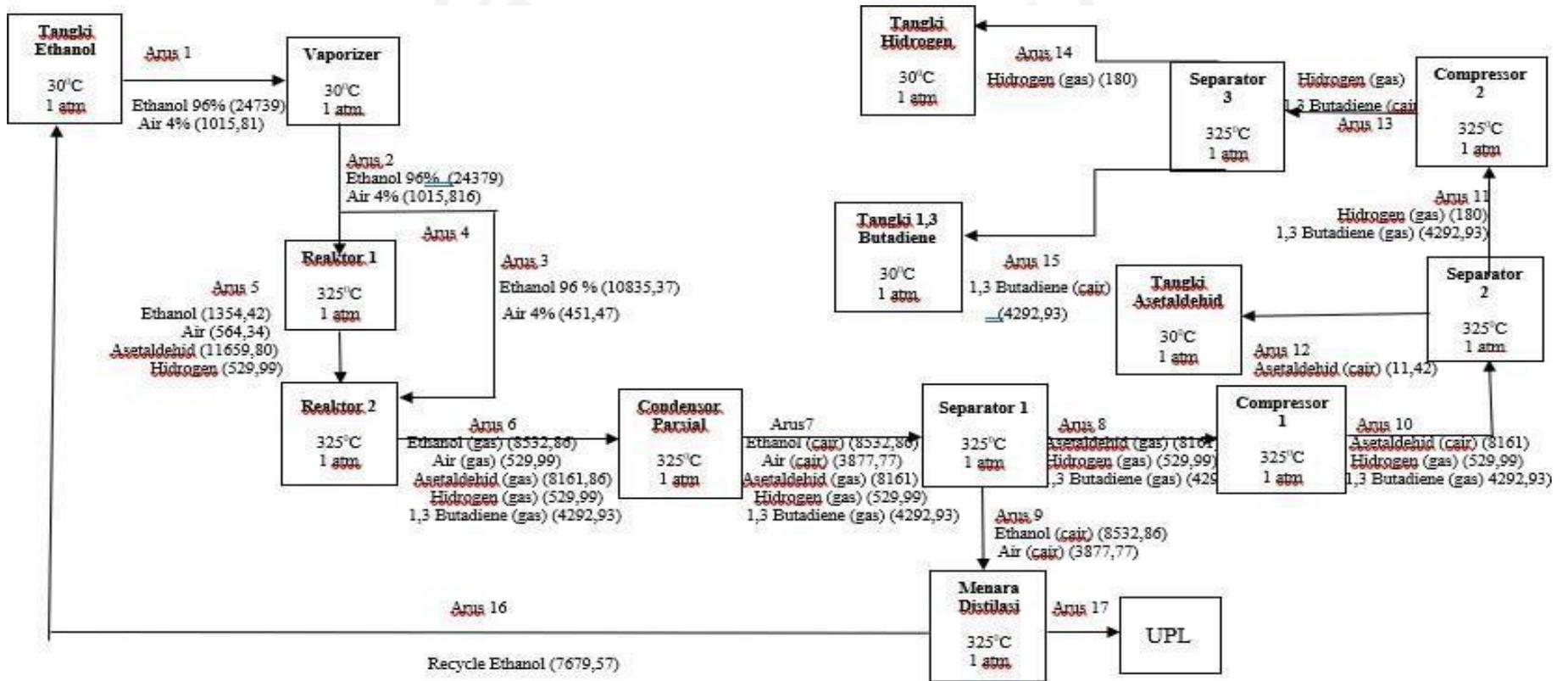
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Proses



Gambar 3.1 Diagram alir proses

3.1.2 Diagram Alir Material



Gambar 3. 2 Diagram alir material

3.2 Uraian Proses

Bahan baku Etanol dari Tangki penyimpanan T-01 pada suhu 30 °C tekanan 1 atm dialirkan menggunakan pompa menuju Vaporizer untuk mengubah fase menjadi gas dan dipanaskan terlebih dahulu didalam Heat Exchanger (HE-01) sampai suhu 325 °C. Setelah dipanaskan ethanol masuk ke dalam Reaktor (R-01) untuk membentuk asetaldehid dan diberikan bypass untuk masuk ke R-02 karena ethanol sebagai bahan baku kembali pada R-02. Pada R-01 terjadi proses Dehidrogenasi ethanol menjadi asetaldehid pada fase gas dengan suhu 325 °C dan tekanan 1 atm. Pada R-01 konversi reaktor mencapai 90%.

Selanjutnya hasil dari R-01 dimasukkan ke R-02. Pada R-02 etanol dan asetaldehid bereaksi membentuk 1,3 *Butadiene* pada suhu 325 °C dan tekanan 1 atm dengan konversi mencapai 30%. Dari R-02 bahan dimasukkan ke dalam Cooler (CL-01) untuk diturunkan suhunya dari suhu 325 °C menjadi 200 °C kemudian di kondensasikan dalam Kondensor Parsial (CD-01) hingga mencapai suhu 70 °C. Hasil keluaran (CD-01) dipisahkan menggunakan separator, dimana 1,3 *Butadiene* dan hidrogen sebagai hasil atas yang selanjutnya dimasukkan ke Cooler 2 (CL-02) untuk menurunkan suhu 50 °C, sedangkan hasil bawah separator (SP-01) berupa air dan etanol dialirkan ke dalam Menara Distilasi (MD-01) untuk didistilasi dengan hasil atas etanol dengan kemurnian 96% di recycle dan hasil bawah yaitu air dengan kemurnian 4% di alirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL).

Lalu dimasukkan ke dalam Kompresor 1 (C-01) agar bisa di press tekanannya naik menjadi 1,4 atm dan suhu menjadi 50 °C. Dari Kompresor 1 komponen dimasukkan ke dalam Kondensor Parsial 2 (CD-02), 1,3 *Butadiene*, Hidrogen dan Asetaldehid dikondensasikan yang hingga suhu 30 °C dan juga merubah fase asetaldehid sebagai keluaran bawah yaitu cair, selanjutnya di pisahkan dengan separator (SP-02) sehingga diperoleh hasil atas yaitu 1,3 *Butadiene* dan Hidrogen dalam bentuk gas, dan hasil bawah diperoleh yaitu Asetaldehid dalam bentuk cair yang dimasukkan ke dalam Tangki 2 (T-02).

Lalu 1,3 *Butadiene* dan Hidrogen dimasukkan ke dalam Kompresor (C-02) untuk di press hingga terjadinya kenaikan tekanan menjadi 3 atm. 1,3 *Butadiene* dan Hidrogen yang sudah di press dimasukkan ke dalam Kondensor Parsial 3 (CD-03). Hasil keluaran CD-03 menghasilkan 1,3 *Butadiene* dengan fase cair dengan suhu 28 °C, lalu dipisahkan dengan menggunakan Separator 3 (SP-03) dengan hasil atas Hidrogen dengan fase gas masuk ke dalam Tangki penyimpanan (T-03) dan hasil bawah yaitu produk utama yaitu 1,3 *Butadiene* dengan fase cair masuk ke dalam Tangki penyimpanan (T-04) .

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan baku

Etanol dari tangki (T-01) dipompa dengan pompa (P-01) untuk mengalirkan bahan baku menuju *vaporizer* (V-01) yang berfungsi untuk menguapkan bahan baku etanol cair menjadi gas. Selanjutnya dipanaskan menggunakan *heater* (HE-01) untuk dinaikan temperaturnya menjadi 325°C. Kemudian diumpankan menuju reaktor (R-01). Sedangkan, untuk reaktor 2 (R-02) digunakan *bypass*.

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Pembentukan 1,3 *Butadiene* dari etanol dan asetaldehid terjadi di dalam reaktor *Fixed Bed Multitube*. Reaksi terjadi pada fase cair- cair dengan kondisi operasi isothermal pada temperatur 100°C dan tekanan 1 atm. Reaksi ini bersifat eksotermis, sehingga untuk mempertahankan kondisi operasi di reaktor maka diperlukan adanya pendingin. Produk berupa cairan dari reaktor akan diturunkan temperaturnya menggunakan *cooler* (CL-01) menjadi 60°C yang kemudian diumpankan ke *netralizer* (N-01).

3.2.3 Tahap Pemisahan Produk

Produk keluar reaktor yang berupa campuran 1,3 *Butadiene*, air, etanol, asetaldehid dan hidrogen masuk ke dalam cooler untuk didinginkan hingga suhu 200°C lalu di pompa menuju condensor parsial (CD-01) dengan tujuan mengubah fase gas menjadi cair, lalu dialirkan menuju separator (S-01) berupa air dan etanol dialirkan ke dalam Menara Distilasi (MD-01) untuk didistilasi dengan hasil atas etanol dengan

kemurnian 96% di recycle dan hasil bawah yaitu air dengan kemurnian 4% di alirkan ke Unit Pengolahan Limbah.

Lalu dimasukkan ke dalam Kompresor 1 (C-01) agar bisa di pressteknannya naik menjadi 1,4 atm dan suhu menjadi 50 °C. Dari Kompresor 1 komponen dimasukkan ke dalam Kondensor Parsial 2 (CD-02), 1,3 *Butadiene*, Hidrogen dan Asetaldehid dikondensasikan yang hingga suhu 30 °C dan juga merubah fase asetaldehid sebagai keluaran bawah yaitu cair, selanjutnya di pisahkan dengan separator (SP-02) sehingga diperoleh hasil atas yaitu 1,3 *Butadiene* dan Hidrogen dalam bentuk gas, dan hasil bawah diperoleh yaitu Asetaldehid dalam bentuk cair yang dimasukkan ke dalam Tangki 2 (T-02).

Lalu 1,3 *Butadiene* dan Hidrogen dimasukkan ke dalam Kompresor (C-02) untuk di press hingga terjadinya kenaikan tekanan menjadi 3 atm. 1,3 *Butadiene* dan Hidrogen yang sudah di press dimasukkan ke dalam Kondensor Parsial 3 (CD-03). Hasil keluaran CD-03 menghasilkan 1,3 *Butadiene* dengan fase cair dengan suhu 28 °C, lalu dipisahkan dengan menggunakan Separator 3 (SP-03) dengan hasil atas Hidrogen dengan fase gas masuk ke dalam Tangki penyimpanan (T-03) dan hasil bawah yaitu produk utama yaitu 1,3 *Butadiene* dengan fase cair masuk ke dalam Tangki penyimpanan (T-04).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Vaporizer

Tabel 3. 1 Spesifikasi Vaporizer

Kode	V-01	
Fungsi	Menguapkan bahan baku etanol dan air cair menjadiuap etanol dan air	
Jenis Alat	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Kondisi	T, °C	30
	P, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Jumlah alat	1	buah
Data Design		
a"	0,26	in ²
Pt	1,25	<i>Tringular</i>
<i>Passes</i>	8	
A	276,46	Ft ²
Uc	199,40	Btu/hr.ft ² .F
Ud	18,94	Btu/hr.ft ² .F
<i>Rd calculated</i>	0,04	
Harga	20,50	\$
Cold Fluid : Shell, Etanol dan Air		
Ids	12,00	in
<i>Passes</i>	1	
ΔPs	3,93	psi
Hot Fluid : Tube, Steam		
Nt	44,00	buah
L	24,00	ft
OD	1,00	in
ID	0,04	
BWG	18,00	
ΔPt	0,05	psi

3.3.2 Reaktor 1

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor 1

Spesifikasi umum	
Kode	R-01
Fungsi	Proses dehidrogenasi etanol
Jenis/Tipe	<i>Fixed Bed Reactor (FBR)</i>
Jumlah	1
Harga, \$	6439600
Kondisi Operasi	
Suhu , °C	325
Tekanan, atm	1
Kondisi Proses	Isothermal, non adabatis
Konstruksi dan Material	
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA-167 18Cr-8Ni Tipe 304</i>
Diameter (ID) <i>shell</i> , m	78
Tebal <i>shell</i> , in	2
Tinggi total, m	11,612
Jenis <i>head</i>	Elipstical Dished <i>Head</i>

3.3.3 Reaktor 2

Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor 2

Spesifikasi umum	
Kode	R-02
Fungsi	Mereaksikan bahan baku etanol dengan asetaldehid
Jenis/Tipe	Fixed Bed Reactor (FBR)
Jumlah	1
Harga, \$	8604500
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	325
Tekanan, atm	1
Kondisi Proses	Isothermal, non adabatis
Konstruksi dan Material	
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA-167 18Cr-8Ni Tipe 304</i>
Diameter (ID) shell, m	2
Tebal shell, in	45,12
Tinggi total, m	11,581
Jenis head	Elipstical Dished Head

3.3.4 Separator 1

Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator 1 (SP-01)

Kode	SP-01
Fungsi	Untuk memisahkan senyawa fase gas yaitu 1,3 <i>Butadiene</i> , hidrogen dan asetaldehid sebagai hasil keluaran atas dam fase cair yaitu etanol dan air sebagai keluaran bawah.
Tipe	<i>Silinder Vertikal dengan tutup dan dasar Ellipsoidal</i>
Material	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi :	
Suhu, °C	325
Tekanan, atm	1
Spesifikasi	
Tebal Shell, m	0,0064
Tinggi Head, m	0,3581
Tebal Head,	0,0064
Tinggi Total, m	4,3544

3.3.5 Separator 2

Tabel 3.5 Spesifikasi Separator 2 (SP-02)

Kode	SP-02
Fungsi	Untuk memisahkan senyawa fase gas yaitu 1,3 <i>Butadiene</i> dan hydrogen sebagai hasil keluaran atas dan fase cair asetaldehid sebagai hasil keluaran bawah.
Tipe	<i>Silinder Vertikal dengan tutup dan dasar Ellipsoidal</i>
Material	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi :	
Suhu, °C	325
Tekanan, atm	1
Spesifikasi	
Tebal Shell, m	0,0064
Tinggi Head, m	0,3581
Tebal Head,	0,0064
Tinggi Total, m	1,4016

3.3.6 Separator 3

Tabel 3.6 Spesifikasi Separator 3 (SP-03)

Kode	SP-03
Fungsi	Untuk memisahkan yaitu produk samping hidrogen (gas) dan produk 1,3 butadiene (cairan)
Tipe	<i>Silinder Vertikal dengan tutup dan dasar Ellipsoidal</i>
Material	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi :	
Suhu, °C	325
Tekanan, atm	1
Spesifikasi	
Tebal Shell, m	0,0064
Tinggi Head, m	0,3581
Tebal Head, m	0,0064
Tinggi Total, m	2,3130

3.3.7 Menara Distilasi

Tabel 3.7 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01)

Kode	MD-01
Fungsi	Untuk memisahkan komponen etanol sebagai keluaran <i>top</i> (distilat) dan air sebagai keluaran <i>bottom</i>
Jenis	<i>Binercomponent Distillation</i>
Tipe	<i>Plate tower (sieve tray) berbentuk torispherical dishead</i>
Material	<i>Stainless steel SA 167 grade 3 type 304</i>
Kondisi Operasi :	
Umpan, °C	150
Distilat, °C	142
<i>Bottom</i> , °C	325
Spesifikasi	
<i>Shell</i>	
Diameter, m	0,57
Tinggi, m	6
Tebal, in	0,25
Material	<i>Stainless steel</i>
<i>Head</i>	
Tebal, in	0,40
Material	<i>Stainless steel</i>
Tipe Tray	
Jenis <i>tray</i>	<i>Sieve</i>
Jumlah plate aktual	9
Diameter hole, in	0,20
Tray spacing, m	0,45
Jumlah lubang, buah	627,53
Plate Pressure Drop	
Bagian atas, atm	0,003352
Bagian bawah, atm	0,004554

3.3.8 Condenser Parsial 1

Tabel 3.8 Spesifikasi Condenser parsial (CD-01)

Kode	CD-01	
Fungsi	Mengubah etanol dan air fase gas menjadi fase cair serta menurunkan suhu dari 200 ⁰ C menjadi 70 ⁰ C	
Jenis Alat	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Kondisi	T, °C	70
	P, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Jumlah alat	1	buah
<i>Cold Fluid : Tube (Dowtherm)</i>		
BWG	0,33	in
Idt	0,65	in ²
Odt	0,75	in
<i>Flow Area</i>	0,17	in
<i>Passes</i>	1	ft ² /ft
Jumlah <i>Tube</i>	970	Buah
Harga	78700	\$
<i>Hot Fluid : Shell (Gases)</i>		
Ids	35,00	in
<i>Baffle</i>	21,00	in ²
<i>Passes</i>	1	in
A	3.973,89	ft ²
Ud	21,32	
Uc	24,33	Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Rd	0,0058	
Rd min	0,0010	

3.3.9 Condenser Parsial 2

Tabel 3.9 Spesifikasi Condenser parsial (CD-02)

Kode	CD-02	
Fungsi	Mengubah asetaldehid fase gas menjadi fase cair serta menurunkan suhu dari 50 ⁰ C menjadi 30 ⁰ C	
Jenis Alat	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Kondisi	T, °C	30
	P, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Jumlah alat	1	buah
<i>Cold Fluid : Tube (Dowtherm)</i>		
BWG	0,33	in
Idt	0,65	in ²
Odt	0,75	in
<i>Flow Area</i>	0,17	in
<i>Passes</i>	1	ft ² /ft
Jumlah Tube	970	Buah
Harga	78700	\$
<i>Hot Fluid : Shell (Gases)</i>		
Ids	35,00	in
<i>Baffle</i>	21,00	in ²
<i>Passes</i>	1	in
A	3.973,89	ft ²
Ud	21,32	
Uc	24,33	Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Rd	0,0058	
Rd min	0,0010	

3.3.10 Condenser Parsial 3

Tabel 3.10 Spesifikasi Condenser parsial (CD-03)

Kode	CD-01	
Fungsi	Mengubah etanol dan air fase gas menjadi fase cair serta menurunkan suhu dari 200 ⁰ C menjadi 70 ⁰ C	
Jenis Alat	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Kondisi	T, °C	70
	P, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Jumlah alat	1	buah
<i>Cold Fluid : Tube (Dowtherm)</i>		
BWG	0,33	in
Idt	0,65	in ²
Odt	0,75	in
<i>Flow Area</i>	0,17	in
<i>Passes</i>	1	ft ² /ft
Jumlah Tube	970	Buah
Harga	78700	\$
<i>Hot Fluid : Shell (Gases)</i>		
Ids	35,00	in
<i>Baffle</i>	21,00	in ²
<i>Passes</i>	1	in
A	3.973,89	ft ²
Ud	21,32	
Uc	24,33	Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Rd	0,0058	
Rd min	0,0010	

3.3.11 Condenser Total 4

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Condenser Total* (CD-04)

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>heavy organics</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate</i> , kg/jam	0	1.460,82	10.505,72	10.505,72
<i>Vapor flowrate</i> , kg/jam	1.460,82	0	0	0
<i>Temperature</i> , °C	150	142	30	40
<i>Pressure</i> , atm	2,18	2,18	1	1
Mechanical Design				
	<i>Shell (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i> , ft	24	<i>Length</i> , ft	24	
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1	
<i>ID</i> , in	12	<i>OD</i> , in	1,25	
<i>Baffle spaces</i> , in	9	<i>Number tube</i> , buah	31	
		<i>A</i> , ft ²	214,94	
		<i>BWG</i>	14	
ΔP terhitung, psi	0,0049	<i>Pitch, triangular</i> , in	1,56	
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP terhitung, psi	0,21	
<i>Rdmin</i> , Btu/hr.ft ² .°F	0,001	ΔP Diiijinkan, psi	10	
<i>Rdcal</i> Btu/hr.ft ² .°F	0,092	<i>Rdmin</i> , Btu/hr.ft ² .°F	0,001	
<i>Harga</i> , \$	47,188	<i>Rdcal</i> Btu/hr.ft ² .°F	0,09	

3.3.12 Reboiler

Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler

Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan cairan yang keluar dari menara distilasi(MD-01) sebagai hasil bawah
Jenis Bahan	<i>Stainless steel SA 167 Grade 3 type 304</i>
Spesifikasi	
a", in ²	3,53
Pt, <i>triangular</i> , in	1,25
<i>Passes</i>	6
A, ft ²	3,53
Uc, Btu/hr. ft ² . °F	29,58
Ud, Btu/hr. ft ² . °F	0,96
Rd <i>calculated</i>	0,012
<i>Cold Fluid : Shell, Produk (1,3 Butadiene dan impurities)</i>	
Aliran Fluida	<i>Hot Fluid</i>
IDs, in	3,06
<i>Passes =</i>	6
Δ P perhitungan, psi	0,0049
Δ P diizinkan, psi	10
<i>Hot Fluid : Tube, Steam</i>	
Aliran Fluida	<i>Cold Fluid</i>
Nt, buah	54
L, ft	20
OD, in	2,38
ID, in	2,06
BWG	18
Δ P perhitungan, psi	0,036
Δ P diizinkan, psi	10
Harga, \$	52,392

3.3.13 Akumulator

Tabel 3. 13 Spesifikasi Akumulator

Kode	ACC -01
Fungsi	Menampung keluaran <i>condenser</i> (CD-01) pada menara distilasi (MD-01)
Jenis	<i>Horizontal cylinder</i>
Jumlah, buah	1
Kondisi Operasi	
Suhu, C	80
Tekanan, atm	2,2
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas tangki, m ³	1,20
Diameter shell	
Diameter, m	0,62
Panjang, m	3,73
Tebal <i>shell</i> , in	0,19
Dimensi head	
Diameter, in	26
Panjang, m	0,15
Tebal <i>head</i> , in	0,19
Panjang total, m	4,04
Harga, \$	7,055

3.3.14 Heater -01

Tabel 3. 14 Spesifikasi Heater-01

Operating Condition				
Heater-01				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Dingin Produk : <i>HeavyOrganics</i>		Fluida Panas(<i>Steam</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	1.617	1.617	0	108,91
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	108,91	0
<i>Temperature, °C</i>	30	86	150	325
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1

Mechanical Design				
Heater-01				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20		<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, Buah</i>	1		<i>Hairpin, Buah</i>	1
ID, in	4,06		ID, in	3,07
			OD, in	3,50
			A, ft ²	4.766,85
ΔP terhitung,psi	0,65		ΔP terhitung,psi	0,042
ΔP Diiijinkan,psi	10		ΔP Diiijinkan,psi	10
Rdmin, Btu/hr.ft ² .°F	0,003		Rdmin, Btu/hr.ft ² .°F	0,003
Rdcal Btu/hr.ft ² .°F	0,0451		Rdcal Btu/hr.ft ² .°F	0,0451
Harga, \$	2,000			

3.3.15 Cooler-01 dan Cooler-02

Tabel 3. 15 Spesifikasi Cooler-01 dan Cooler-02

Operating Condition								
Cooler-01					Cooler-02			
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>		<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida panas Produk heavy organics		Fluida dingin (water)		Fluida panas produk heavy organics		Fluida dingin (water)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>		<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	3.106,04	3.106,04	50,32	50,32	4.636,33	4.636,33	59,80	59,80
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Temperature, °C</i>	30	40	100	60	60	35	30	40
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1	1	1	1	1

Mechanical Design							
Cooler-01				Cooler-02			
<i>Annulus (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>		<i>Annulus (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, Buah</i>	3	<i>Hairpin, Buah</i>	3	<i>Hairpin, Buah</i>	10	<i>Hairpin, Buah</i>	10
<i>ID, in</i>	7,98	<i>ID, in</i>	3,07	<i>ID, in</i>	7,98	<i>ID, in</i>	3,07
		<i>OD, in</i>	3,50			<i>OD, in</i>	3,50
		<i>A, ft²</i>	440,16			<i>A, ft²</i>	1.467,20
ΔP terhitung, psi	0,0062	ΔP terhitung, psi	0,00012	ΔP terhitung, psi	0,029	ΔP terhitung, psi	0,00055
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10
<i>Rdmin, Btu/hr.ft².°F</i>	0,003	<i>Rdmin, Btu/hr.ft².°F</i>	0,003	<i>Rdmin, Btu/hr.ft².°F</i>	0,003	<i>Rdmin, Btu/hr.ft².°F</i>	0,003

Tabel 3. 15 Spesifikasi Cooler-01 dan Cooler-02 (lanjutan)

Rdcal Btu/hr.ft ² .°F	0,026	Rdcal Btu/hr.ft ² .°F	0,026	Rdcal Btu/hr.ft ² .°F	0,0087	Rdcal Btu/hr.ft ² .°F	0,0087
Harga, \$	6,592			Harga, \$	10,178		

3.3.16 Cooler-03

Tabel 3. 16 Spesifikasi Cooler-03

Operating Condition			
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	Fluida panas (produk <i>heavy organics</i>)		Fluida dingin (<i>water</i>)
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>
<i>Liquid flowrate,</i> kg/jam	1.262,63	1.262,63	131,02
<i>Vapor flowrate,</i> kg/jam	0	0	0
<i>Temperature, °C</i>	30	40	314
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Annulus (hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	6	<i>Hairpin, buah</i>	6
<i>ID, in</i>	4,03	<i>ID, in</i>	3,07
		<i>OD, in</i>	3,50
		<i>A, ft²</i>	440,16
ΔP terhitung, psi	1,28	ΔP terhitung, psi	0,000604
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10
<i>Rdmin, Btu/hr.ft².°F</i>	0,003	<i>Rdmin, Btu/hr.ft².°F</i>	0,003
<i>Rdcal Btu/hr.ft².°F</i>	0,00	<i>Rdcal Btu/hr.ft².°F</i>	0,006
Harga, \$	6,592		

3.3.17 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 17 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tangki		T-01	T-02	T-03	T-04
Fungsi peruntukan alat		Menyimpan bahan baku etanol (C ₂ H ₅ OH)	Menyimpan bahan baku asetaldehid (C ₂ H ₄ O)	Menyimpan produk samping hidrogen (H ₂)	Menyimpan produk utama 1,3 butadiene (C ₄ H ₆)
Lama penyimpanan, hari		14 hari	14 hari	14 hari	14 hari
Fase		Cair	Cair	Gas	Cair
Jumlah tangki, unit		1	1	1	1
Jenis tangki		Silinder <i>vertical</i>	Silinder <i>vertical</i>	Bola	Silinder <i>vertical</i>
Kondisi Operasi	Suhu, °C	30	30	30	30
	Tekanan, atm	1	1	1	1
Spesifikasi	Volume tangki, m ³	12.922	4.589	807,297	5.7361
	Diameter, m	36	27	3	5
	Tinggi, m	19	15	11	5
	Jumlah <i>course</i>	6	6	0	6
	Tebal <i>shell</i> , in	0,19	0,19	0,18	0,19
Head Buttom	Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Spherical</i>	<i>Torispherical</i>
	Tebal <i>head</i> , in	0,18	0,5	0,19	0,18
	Jenis <i>Flat</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>
	Tebal <i>bottom</i> , in	0,25	0,25	0,25	0,25
Harga,\$		588,806	674,970	19,199	58,406

3.3.18 Pompa

Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi Pompa				
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan bahan baku etanol dari (T-01) menuju <i> vaporizer</i> (V-01)	Mengalirkan bahan baku etanol dan air menuju menara distilasi.	Mengalirkan keluaran <i> accumulator</i> menuju <i> cooler</i> (CL-02)	Mengalirkan etanol untuk <i> direcycle</i> menuju (T-01)
Jenis pompa	<i> Single Stage Centrifugal Pump</i>			
<i> Impeller</i>	<i> Radial flow impellers</i>	<i> Mixed flow impellers</i>	<i> Mixed flow impellers</i>	<i> Mixed flow impellers</i>
Bahan konstruksi	<i> Commercial Steel</i>			
Spesifikasi Pompa				
Viskositas, cp	0,928	0,180	0,167	0,167
Kapasitas, m ³ /jam	38,460	18,210	13,376	13,376
<i> Pump head</i> , m	9,806	9,806	9,806	9,806
Suhu fluida, °C	30	70	101	30

Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Spesifikasi Pompa				
Kode	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan air luaran bawah (MD-01) menuju <i>Reboiler</i>	Mengalirkan air luaran bawah (MD-01) menuju UPL.	Mengalirkan asetaldehid hasil keluaran bawah (SP-02) menuju (T-02)	Mengalirkan 1,3 <i>butadiene</i> hasil keluaran bawah (SP-03) menuju (T-04)
Jenis pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>			
<i>Impeller</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan konstruksi	<i>Commerial Steel</i>			
Spesifikasi Pompa				
Viskositas, cp	0,429	0,179	0,746	0,167
Kapasitas, m ³ /jam	34,022	34,544	6,639	6,376
<i>Pump head</i> , m	0,013	0,002	0,009	0,006
Suhu fluida, °C	99	99	30	30

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Alat

1. Neraca Massa di Vaporizer (V-01)

Tabel 3. 15 Neraca Massa Vaporizer (V-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2
C ₂ H ₅ OH	24.379,60	24.379,60
H ₂ O	1.015,81	1.015,81
Total	25.395,41	25.395,41

2. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 5
H ₂	0	529,99
C ₂ H ₄ O	0	11.659,81
C ₂ H ₅ OH	13.544,22	1.354,42
H ₂ O	564,34	564,34
Total	14.108,56	14.108,56

3. Neraca Massa di Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 17 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
H ₂	0	529,99	529,99
C ₂ H ₄ O	0	11.659,80	8.161,86
C ₄ H ₆	0	0	4.292,93
C ₂ H ₅ OH	10.835,37	1.354,42	8.532,86
H ₂ O	451,47	564,34	3.877,77
Sub Total	11.286,85	14.108,56	25.395,41
Total	25.395,41		25.395,41

4. Neraca Massa di Condenser Parsial 1 (CD-01)

Tabel 3. 18 Neraca Massa Condenser Parsial 1 (CD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
H ₂	529,99	529,99
C ₂ H ₄ O	8.161,86	8.161,86
C ₄ H ₆	4.292,93	4.292,93
C ₂ H ₅ OH	8.532,86	8.532,86
H ₂ O	3.877,77	3.877,77
Total	25.395,41	25.395,41

5. Neraca Massa di Separator (SP-01)

Tabel 3. 19 Neraca Massa Separator (SP-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
H ₂	529,99	0	529,99
C ₂ H ₄ O	8.161,86	0	8.161,86
C ₄ H ₆	4.292,93	0	4.292,93
C ₂ H ₅ OH	8.532,86	8.532,86	0
H ₂ O	3.877,77	3.877,77	0
Sub Total	25.395,41	12.410,63	12.984,78
Total	25.395,41	25.395,41	

6. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 20 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 18	Arus 20
C ₂ H ₅ OH	8.532,86	853,28	7.679,57
H ₂ O	3.877,77	3.557,78	319,98
Sub Total	12.410,63	4.411,07	7.999,55
Total	12.410,63	12.410,63	

7. Neraca Massa di Condenser Total (CD-04)

Tabel 3. 21 Neraca Massa Condenser Total (CD-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 9 (reflux)	Arus 9 (distilat)
C ₂ H ₅ OH	25.279,76	17.088,21	8.191,54
H ₂ O	478,68	323,57	155,11
Sub Total	25.758,44	17.411,79	8.346,65
Total	25.758,44	25.758,44	

8. Neraca Massa di *Reboiler* (RB-01)

Tabel 3. 22 Neraca Massa Reboiler (RB-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 9 (<i>reflux</i>)	Arus 9 (<i>bottom</i>)
C ₂ H ₅ OH	961,79	620,48	341,31
H ₂ O	10.490,13	6.767,47	3.722,65
Sub Total	11.451,92	7.387,95	4.063,97
Total	11.451,92	11.451,92	

9. Neraca Massa Kompresor 1 (C-01)

Tabel 3. 23 Neraca Massa Kompresor 1 (C-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12
H ₂	529,99	529,99
C ₂ H ₄ O	8.161,86	8.161,86
C ₄ H ₆	4.292,93	4.292,93
Total	12.984,78	12.984,78

10. Neraca Massa *Condenser Parsial* 2 (CD-02)

Tabel 3. 24 Neraca Massa *Condenser Parsial* (CD-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 12	Arus 13
H ₂	529,99	529,99
C ₂ H ₄ O	8.161,86	8.161,86
C ₄ H ₆	4.292,93	4.292,93
Total	12.984,78	12.984,78

11. Neraca Massa Separator 2 (SP-02)

Tabel 3. 25 Neraca Massa Separator (SP-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
H ₂	529,99	0	529,99
C ₂ H ₄ O	8.161,86	8.161,86	0
C ₄ H ₆	4.292,93	0	4.292,93
Sub Total	12.984,78	8.161,86	4.822,92
Total	12.984,78	12.984,78	

12. Neraca Massa Kompresor 2 (C-02)

Tabel 3. 26 Neraca Massa Kompresor 2 (C-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12
H ₂	180	180
C ₄ H ₆	4.292,93	4.292,93
Total	4.472,93	4.472,93

13. Neraca Massa Condenser Parsial 3 (CD-03)

Tabel 3. 27 Neraca Massa Condenser Parsial 3 (CD-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12
H ₂	180	180
C ₄ H ₆	4.292,93	4.292,93
Total	4.472,93	4.472,93

14. Neraca Massa Separator 3 (SP-03)

Tabel 3. 28 Neraca Massa Separator 3 (SP-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19
H ₂	180	180	0
C ₄ H ₆	4.292,93	0	4.292,93
Sub Total	4.472,93	180	4.292,93
Total	4.472,93	4.472,93	

3.5 Neraca Panas

1. Neraca Panas di Vaporizer (V-01)

Tabel 3. 29 Neraca Panas Vaporizer (V-01)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _{in}	0	0
Q _{out}	0	1.593.578,75
Q _{steam}	1.593.578,75	0
Total	1.593.578,75	1.593.578,75

2. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 30 Neraca Panas Reaktor 1 (R-01)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _{in}	7.982.430,25	0
Q _{out}	0	9.014.985,26
Q _{reaksi}	18.138,95	0
Q _{pendingin}	0	-1.014.416,04
Total	8.000.569,21	8.000.569,21

3. Neraca Panas di Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 31 Neraca Panas Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Umpan	20.759.653,80	0
Produk	0	20.760.070,40
Q reaksi	-19.037,90	0
Q pendingin	19.454,50	0
Total	20.760.070,40	20.760.070,40

4. Neraca Panas di *Condenser Parsial* (CD-01)

Tabel 3. 32 Neraca Panas *Condenser Parsial* (CD-01)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	15.966.019,45	0
Q out	0	7.377.266,10
Q pendingin	0	8.588.753,34
Total	15.966.019,45	15.966.019,45

5. Neraca Panas di *Condenser Parsial* (CD-02)

Tabel 3. 33 Neraca Panas *Condenser Parsial* (CD-02)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	1.833.241,51	0
Q out	0	624.540,78
Q pendingin	0	1.208.700,73
Total	1.833.241,51	1.833.241,51

6. Neraca Panas di *Condenser Parsial 3*(CD-03)

Tabel 3. 34 Neraca Panas Condensor Parsial (CD-03)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	45.479,70	0
Q out	0	259.879,27
Q pendingin	0	-214.399,57
Total	45.479,70	45.479,70

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

Tabel 3. 35 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in}	ΔH_{out}
	(kj/jam)	(kj/jam)
ΔH umpan	2.323.447,30	0
ΔH distilat	0	1.126.432,22
ΔH condenser	0	1.216.035,70
ΔH bottom	0	2.207.000,65
ΔH reboiler	2.226.021,30	0
Total	4.549.468,60	4.549.468,60

8. Neraca Panas di Separator (SP-01)

Tabel 3. 36 Neraca Panas Separator 1 (SP-01)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	21.563.944,67	0
Q out (gas)	0	905.757,84
Q out (cair)	0	20.658.176,83
Total	21.563.944,67	21.563.944,67

9. Neraca Panas di Separator 2 (SP-02)

Tabel 3. 37 Neraca Panas Separator 2 (SP-02)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	407.472,43	0
Q out (gas)	0	70.875,36
Q out (cair)	0	336.597,06
Total	407.472,43	407.472,43

10. Neraca Panas di Separator 3 (SP-03)

Tabel 3. 38 Neraca Panas Separator 3 (SP-03)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	6.577.229,32	0
Q out (gas)	0	19.469,32
Q out (cair)	0	6.557.760,00
Total	6.577.229,32	6.577.229,32

11. Neraca Panas di Heater 1

Tabel 3. 39 Neraca Panas Heater 1 (HE-01)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	568.794,44	0
Q out	0	25.189.457,77
Q steam	24.620.663,33	0
Total	25.189.457,77	25.189.457,77

12. Neraca Panas di Cooler 1 (CL-01)

Tabel 3. 40 Neraca Panas Cooler 1 (CL-01)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	47,03	0
Q out	0	22,00
Q pendingin	0	25,03
Total	47,03	47,03

13. Neraca Panas di *Cooler 2* (CL-02)

Tabel 3. 41 Neraca Panas Cooler 2 (CL-02)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	1.799.674,26	0
Q out	0	192.196,35
Q pendingin	0	1.697.477,91
Total	1.799.674,26	1.799.674,26

14. Neraca Panas di *Cooler 3* (CL-03)

Tabel 3. 42 Neraca Panas Cooler 3 (CL-03)

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q in	5,95	0
Q out	0	0,469
Q pendingin	0	5,50
Total	5,95	5,95

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini menjadi penting karena menyangkut keberlangsungan pabrik baik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, sarana pendukung dan sebagainya.

Pabrik 1,3 *Butadiene* dengan kapasitas 34.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di area sawah/kebun, Sungon legowo, Kec. Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61152. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pemilihan lokasi ini berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik. Oleh karena itu, pabrik 1,3 *Butadiene* yang bahan baku utamanya adalah etanol direncanakan akan didirikan di Kabupaten Gresik yang dekat dengan sumber bahan baku etanol yang diperoleh dari PT. Energi Agro Nusantara yang berada di Mojokerto, Jawa Timur yang berdekatan dengan Gresik.

b. Pemasaran

Lokasi pabrik diharapkan dekat dengan industri-industri lain yang membutuhkan 1,3 *Butadiene* sebagai bahan baku utama maupun pendukung. Gresik merupakan lokasi yang relatif strategis dalam pemasaran produk karena lokasinya yang tidak begitu jauh dengan kawasan industri besar di Pulau Jawa seperti kawasan industri di Cilegon, Banten dan Cikampek, yang banyak

membutuhkan 1,3 *Butadiene* sebagai bahan baku. 1,3 *Butadiene* dapat digunakan di beberapa industri misalnya industri karet sintetis, karet olahan, plastik, farmasi, kosmetik, dan pelumas.

c. Utilitas

Dalam proses produksi, sarana pendukung proses atau yang disebut sebagai utilitas merupakan salah satu hal yang penting. Sarana utilitas tersebut antara lain air, listrik, bahan bakar dan lain-lain. Untuk itu, lokasi pabrik yang dekat dengan ketersediaan sarana utilitas yang baik sangat menguntungkan. Pada pabrik ini, air dapat diperoleh dari Sungai Bengawan Solo. Kebutuhan listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang memiliki pembangkit listrik dengan kapasitas ± 10.000 MW, apabila terjadi gangguan dapat memanfaatkan generator cadangan. Sementara, kebutuhan bakar dapat diperoleh dari PT Pertamina RU IV Cilacap.

d. Transportasi

Sarana transportasi yang memadai juga merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik karena diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi, Kabupaten Gresik relatif strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Surakarta, Semarang dan Surabaya. Selain itu Gresik juga dekat dengan dua pelabuhanyaitu Pelabuhan Gresik yang berada di Kab. Gresik dan Pelabuhan

TanjungPerak di Surabaya sehingga memudahkan pendistribusian bahan baku maupun produk. Penetapan lokasi kecamatan bungah, Gresik telah memenuhi kriteria lokasi yang memiliki infrastruktur:

- Transportasi Darat

Jarak antara lokasi bahan baku (etanol) dengan lokasi pabrik

1,3

Butadiene menggunakan transportasi darat adalah kurang lebih 18.9 km.

- Transportasi Udara

Lokasi pendirian pabrik 1,3 *Butadiene* dapat dijangkau dengan menggunakan transportasi udara melalui Bandara Jenderal Ahmad Yani *International Airport*, Semarang dengan jarak sejauh ± 372.2 km dari pabrik. Dapat juga melalui bandara Adisucipto *International Airport* dengan jarak sejauh ± 329.6 km.

- Transportasi Laut

Jarak antara lokasi pendirian pabrik 1,3 *Butadiene* berdekatan dengan Pelabuhan Umum Pelindo Gresik sejauh ± 17.8 km dan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya sejauh ± 30 km.

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di suatu daerah tentu saja akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat sekitar. Namun, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas menjadi satu hal yang penting bagi kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan baik. Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah, dan tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Perluasan Pabrik

Pendirian sebuah pabrik hendaknya mempertimbangkan rencana perluasan area pabrik untuk beberapa tahun kedepan. Hal ini dilakukan guna mengantisipasi meningkatnya permintaan akan produk yang dihasilkan. Sehingga pemilihan lokasi pendirian pabrik harus berada di daerah yang mempunyai cukup lahan. Dalam hal ini, Gresik masih mempunyai lahan kosong yang luas yang terletak di pinggiran kota, sehingga memenuhi kriteria tersebut.

b. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah telah menetapkan Gresik sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor. Hal ini sesuai dengan kebijakan pengembangan industri. Sebagai fasilitator, pemerintah juga telah memberikan berbagai kemudahan terkait hal-hal mengenai pengembangan industri termasuk dalam hal perijinan, pajak, dan hal lain yang berkaitan dengan teknispendirian pabrik.

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Masyarakat sekitar Gresik cukup terbuka dengan perkembangan Kabupaten Gresik sebagai kota industri. Hal ini dikarenakan pendirian sebuah industri akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat dan meningkatkan perekonomian masyarakat secara keseluruhan.

d. Keadaan Iklim dan tanah

Kabupaten Gresik merupakan wilayah dataran yang berbatasan dengan pantai. Sebagian besar wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 2-12 mdpl. Sebagian besar tanah di wilayah Kabupaten Gresik terdiri dari jenis tanah aluvial, grumosol, mediteran merah, dan litosol. Iklim Kabupaten Gresik diklasifikasikan sebagai tropis. Saat dibandingkandengan musim dingin, musim panas memiliki lebih banyak curah hujan. Suhu di Kabupaten Gresik rata-rata 27.5 °C dengan curah hujan rata-rata 1.686 mm. (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Gresik).

Keadaan iklim yang dipertimbangkan yaitu kelembaban udara, sinar matahari, angin dan lain-lain. Dengan mempertimbangkan keadaan iklim tersebut, maka daerah Gresik dianggap sesuai.

e. Sarana Pendukung

Gresik memiliki sarana dan fasilitas umum yang sangat memadai. Fasilitas-fasilitas yang dimaksud adalah seperti sarana kesehatan, pendidikan, rumah ibadah, perbankan, perumahan dan sebagainya. Sarana pendukung yang telah disebutkan tersebut telah difasilitasi di Gresik yang merupakan daerah kawasan industri.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan tempat kedudukan dari keseluruhan bagian yang ada di pabrik. Tata letak pabrik meliputi tempat perkantoran/administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung proses, fasilitas karyawan serta tempat lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa agar secara ekonomi kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien dan optimal, misalnya lalu lintas barang dan akses karyawan. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting. Penempatan alat-alat produksi harus ditata sedemikian rupa agar keamanan dan kenyamanan karyawan selama bekerja dapat terjamin.

Perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki keuntungan yaitu (Peters and Timmerhaus, 2004):

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga dapat mengurangi *material handling*.
5. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan. Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut.

4.2.1 Perkantoran/ Administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

4.2.2 Produksi

Daerah produksi merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (*control room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

4.2.3 Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, *steam* pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

4.2.4 Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/*mess*, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

4.2.5 Keamanan

Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran

4.2.6 Pengolahan Limbah

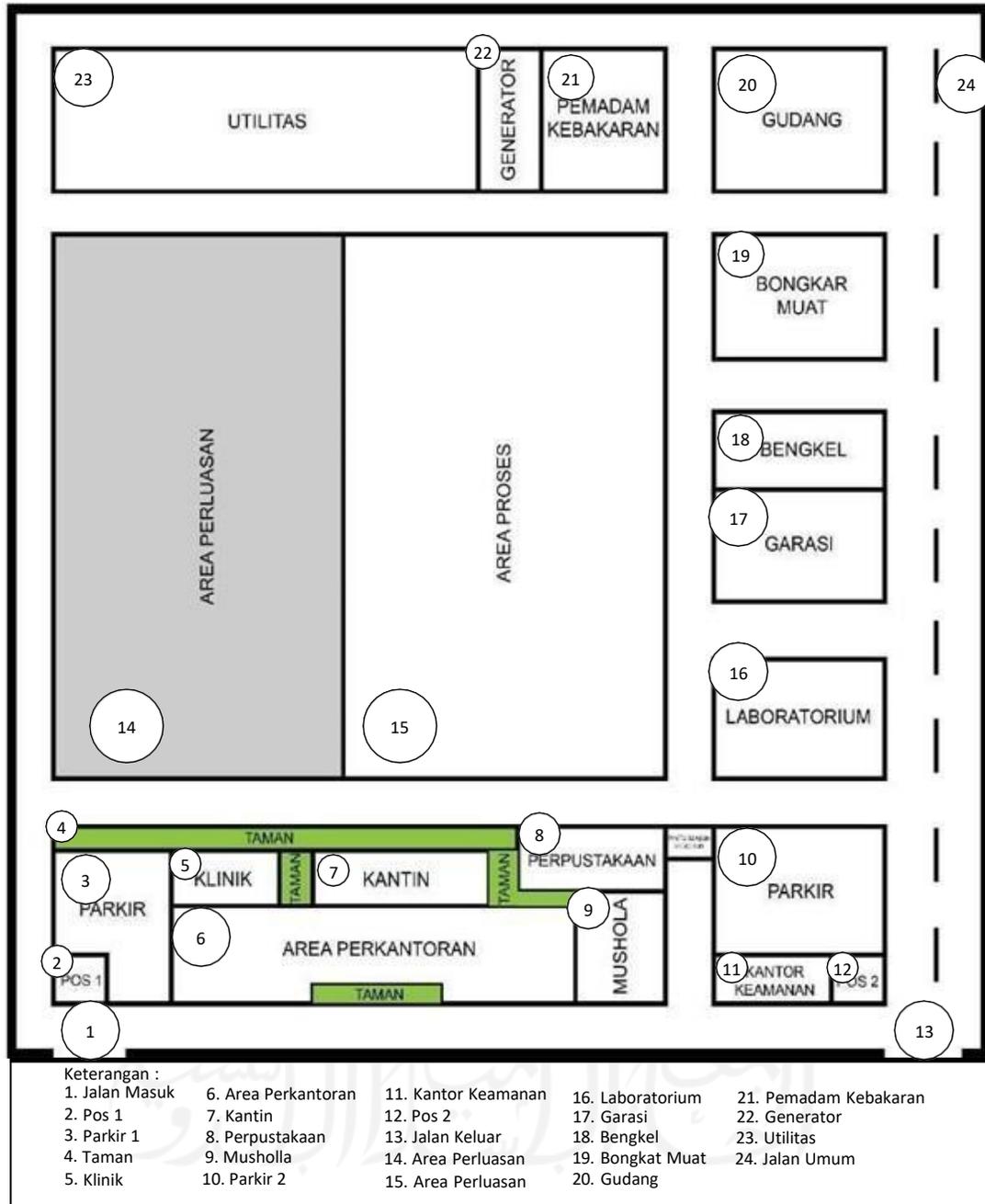
Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan.

4.2.7 Perluasan

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan. Pembangunan pabrik 1,3 Butadiene direncanakan akan menggunakan area seluas 21.661m² Adapun rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik

No	Lokasi	Luas (m ²)
1	Area Proses	10000
2	Area Utilitas	7500
3	Bengkel	375
4	Gudang Peralatan	375
5	Kantin	375
6	Kantor Teknik dan Produk	375
7	Kantor Pusat	875
8	Laboratorium	225
9	Parkir Utama	200
10	Parkir Truk	675
11	Perpustakaan	70
12	Poliklinik	150
13	Pos Keamanan	375
14	Control Room	225
15	Control Utilitas	225
16	Generator	375
17	Area Mess	1625
18	Masjid	150
19	Unit Pemadam Kebakaran	375
20	Unit Pengolahan Limbah	375
21	Daerah Perluasan	5000
22	Jalan dan Taman	1050
Luas tanah		30970
Luas bangunan		24920
Total		55890



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

4.3 Tata Letak Alat Proses (Machines Layout)

Tata letak alat proses atau *machines layout* merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Selain itu, hal ini menjadi penting karena berkaitan dengan keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan selama bekerja. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut.

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi.

b. Aliran Udara

Sirkulasi udara di dalam dan sekitar area proses harus dipastikan kelancarannya. Sirkulasi udara yang lancar diperlukan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu menjadi perhatian.

c. Pencahayaan

Pencahayaan atau penerangan di seluruh area pabrik harus memadai terutama pada malam hari karena pabrik bekerja selama 24 jam dalam sehari. Selain itu, pada tempat-tempat tertentu dimana terdapat alat-alat proses yang mempunyai risiko akan bahaya yang tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Lalu lintas manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadamkebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

e. Jarak antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Alat-alat tersebut harus ditempatkan di lokasi khusus yang terpisah dari alat-alat proses yang lain. Hal ini bertujuan agar apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak langsung membahayakan alat-alat yang lain.

f. Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang tepat dan optimum diharapkan dapat meminimalisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

g. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan (Vibrant, 1959).

Ada tiga macam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

1. Tata Letak Produk atau Garis (*Products Layout/ Line Layout*)

Yaitu susunan mesin atau peralatan berdasarkan urutan proses produksi. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi suatu jenis produk dalam jumlah besar dan mempunyai tipe proses kontinyu. Pabrik *1,3 Butadiene* yang akan didirikan ini dalam penyusunan tata letak alat prosesnya menggunakan Tata Letak Produk atau Garis (*Products Layout/ Line Layout*).

2. Tata Letak Proses atau Fungsional (*Process/ Fungsional Layout*)

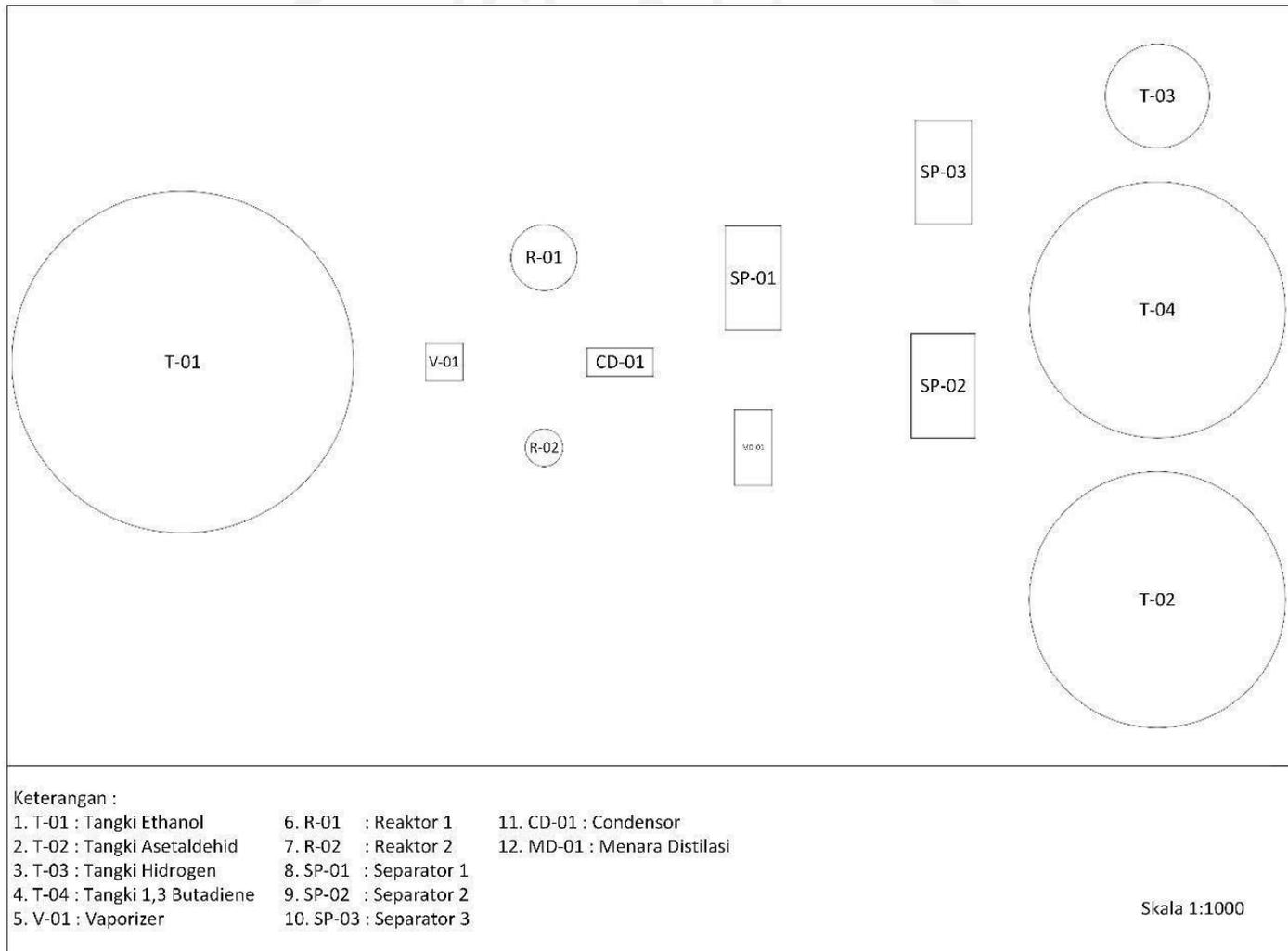
Yaitu penyusunan mesin atau peralatan berdasarkan fungsi yang samapada ruang tertentu. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

3. Tata Letak Kelompok (*Group Layout*)

Yaitu kombinasi dari *Line Layout* dan *Process Layout*. Biasanya dipakai oleh perusahaan besar yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

h. Kemudahan Pemeliharaan

Kemudahan pemeliharaan alat juga dapat dipertimbangkan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini disebabkan karena pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat beroperasi sebagaimana mestinya dan berumur panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan. Tata letak alat-alat proses (*machines layout*) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat-Alat Proses (*Machines Layout*)

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik *1,3 Butadiene* ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mudah Mendapatkan Modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

2. Wewenang dan Tanggungjawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung

jawab menyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

3. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

4. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja didalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik. Setiap perusahaan bisa saja memiliki struktur organisasi yang berbeda-beda, tergantung pada kebutuhannya masing-masing.

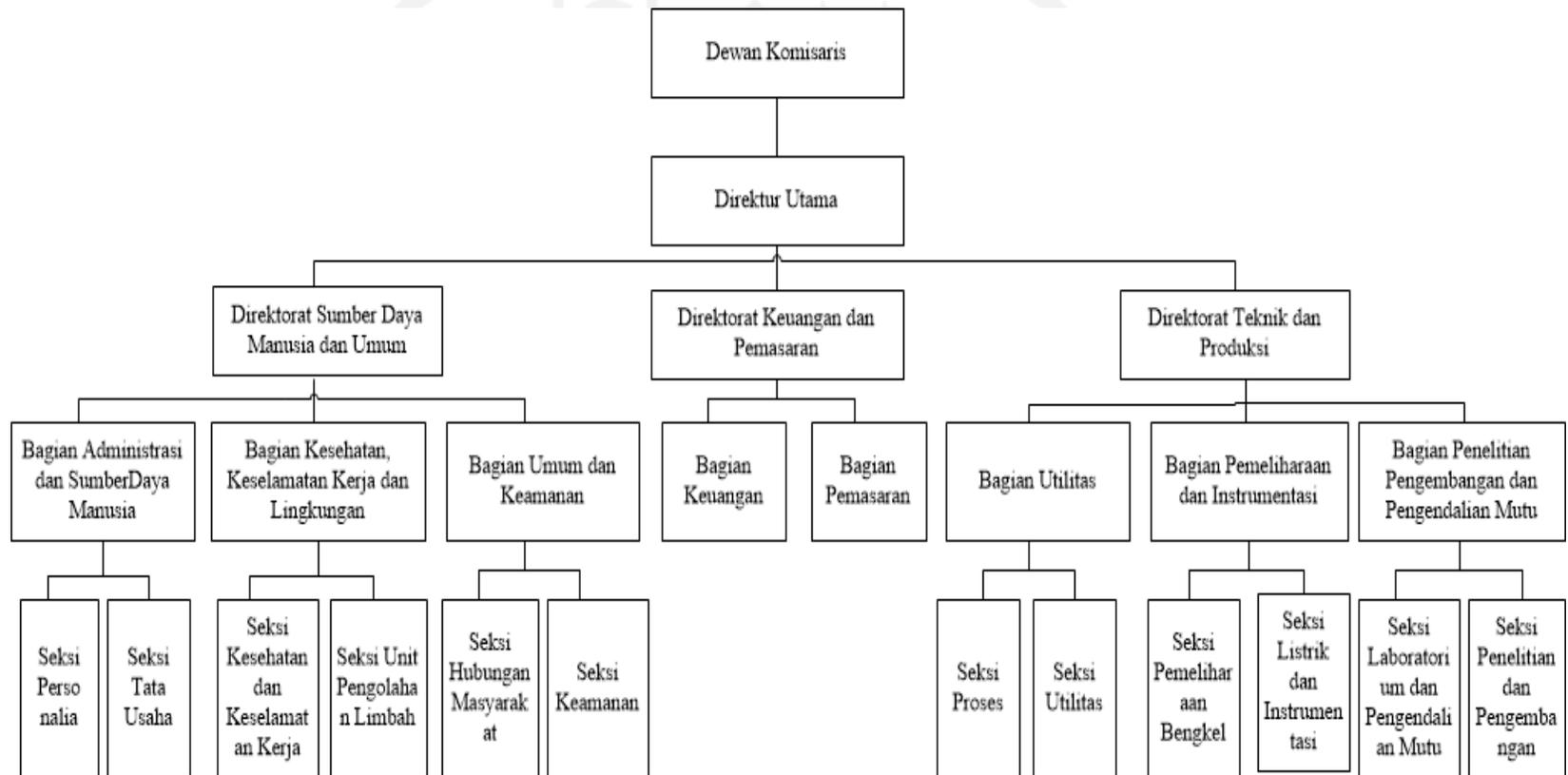
Pada pabrik 1,3 *Butadiene* ini struktur organisasi yang dipilih adalah dengan sistem *line and staff*. Kelebihan sistem ini adalah garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam hal pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada atasan saja. Dalam menjalankan organisasi, terdapat dua kelompok yang berpengaruh pada sistem ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau *line* merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai *staff* merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utamayang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum.

Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.





Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.4.3 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 setahun.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab 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 dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi.
- c. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

3. Direktur Utama

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

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Bertanggung jawab 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 sertakaryawan.
- 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, antara lain:

- a. 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.

b. 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.

c. Direktorat Teknik 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.

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 bertanggung jawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari:

a. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

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

b. Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan.

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.

c. Bagian Umum dan Keamanan

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

d. Bagian Keuangan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.

f. Bagian Proses dan Utilitas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

g. Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

h. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

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:

a. Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber dayamanusia.

b. Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis di bidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta aset perusahaan.

c. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

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

d. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

e. Seksi Hubungan Masyarakat

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

f. Seksi Keamanan

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

g. Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

h. Seksi Utilitas

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

i. Seksi Pemeliharaan dan bengkel

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

j. Seksi Listrik dan Instrumentasi

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

k. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

l. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

6. Staf Ahli

Staf Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik, keuangan dan pemasaran maupun sumber daya manusia dan umum. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang sebagai berikut:

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

4.4.4 Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

1. Status Karyawan

Berdasarkan statusnya karyawan dibedakan menjadi beberapa golongan, antara lain:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

2. Penggolongan Jabatan

Jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan dan keahlian sesuai jabatan dan tanggung jawabnya. Karyawan pada perusahaan ini terdiri dari beragam jenjang pendidikan, mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) hingga Magister (S-2). Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang pendidikannya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S2
Direktur Utama	S2
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Staff Ahli	S1
Sekretaris	S1
Karyawan dan Operator	D3/S1
Dokter	S1
Perawat	D3/S1
Supir	SMP-SMA
<i>Cleaning Service</i>	SMP-SMA

3. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada perusahaan harus diperhitungkan secara cermat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efisien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan. Rincian jumlah karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Diretur utama	1
2	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1
4	Direktur Teknik dan Poduksi	1
5	Ka. Bagian Administras dan Sumber Daya Manusia	1
6	Ka. Bagian Kesehatan, Keselamatan kerja dan Lingkungan	1
7	Ka. Bagian Umum dan Keamanan	1
8	Ka. Bagian Keuangan	1
9	Ka. Bagian Pemasaran	1
10	Ka. Bagian Proses dan Utilitas	1
11	Ka. Bagian Pemeliharaan listrik dam Instrumentasi	1
12	Ka. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1
13	Ka, Sek. Personalia	1
14	Ka, Sek. Tata Usaha	1
15	Ka, Sek. Kesehatan, Keselamatan Kerja	1
16	Ka, Sek. Unit Pengolahan Limbah	1
17	Ka, Sek. Hubungan Masyarakat	1
18	Ka, Sek. Keamanan	1
19	Ka, Sek. Proses	1
20	Ka, Sek. Utilitas	1
21	Ka, Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1
22	Ka, Sek. Listrik dan Instrumentasi	1
23	Ka, Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1
24	Ka, Sek. Penelitian dan Pengembangan	1
25	Karyawan Personalia	5
26	Karyawan Tata Usaha	5
27	Karyawan Kesehatan, Keselamatan Kerja	5
28	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5
29	Karyawan Hubungan Masyarakat	4
30	Karyawan Keamanan	10
31	Karyawan Proses	7
32	Karyawan Utilitas	4
33	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5
34	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5
35	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5
36	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5
37	Operator	57

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan (lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah
38	Sekretaris	3
39	Dokter	4
40	Perawat	6
41	Sopir	5
42	<i>Cleaning Service</i>	8
	Total	172

4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

1. Pembagian Jam Kerja

Pabrik *1,3 Butadiene* ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari. Sisa hari yang tidak termasuk hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan (*maintenance*) dan *shut down*. Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksiserta kegiatan administrasi dan pemasaran, maka pembagian jam kerja harus diatur seefektif dan seefisien mungkin. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan pada perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu:

a. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Karyawan *non- shift* meliputi jajaran direksi, kepala bagian, kepala seksi serta jabatan-jabatan di bawahnya yang bekerja di kantor. Karyawannon-*shift* bekerja selama 5 hari selama seminggu, berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:

Senin-Kamis : 08.00-16.00 (istirahat 12.00-13.00) WIB

Jumat : 08.00-16.00 (istirahat 11.30-13.00) WIB

b. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang menangani secara langsung proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kegiatan produksi. Sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan beberapa bagian lain harus siaga demi keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian dalam sehari semalam, dengan pembagian *shift* sebagai berikut:

Shift 1 : pukul 07.00-15.00

Shift 2 : pukul 15.00-23.00

Shift 3 : pukul 23.00-07.00

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja sekali. Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja, 1 hari libur. Pada Hari Minggu dan libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur. Namun, setiap karyawan mendapatkan jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Jadwal *shift* karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Jadwal 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

2. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Gaji Bulanan

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

b. Gaji Harian

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

c. Gaji Lembur

Merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Rincian gaji setiap karyawan pada setiap jabatan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji(Rp) (Orang/bulan)	Gaji (Rp) Bulan
1	Diretur utama	1	40.000.000	40.000.000
2	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	30.000.000	30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	30.000.000	30.000.000
4	Direktur Teknik dan Poduksi	1	30.000.000	30.000.000
5	Ka. Bagian Administras dan Sumber Daya Manusia	1	15.000.000	15.000.000
6	Ka. Bagian Kesehatan, Keselamatan kerja dan Lingkungan	1	15.000.000	15.000.000
7	Ka. Bagian Umum dan Keamanan	1	15.000.000	15.000.000
8	Ka. Bagian Keuangan	1	15.000.000	15.000.000
9	Ka. Bagian Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000
10	Ka. Bagian Proses dan Utilitas	1	15.000.000	15.000.000
11	Ka. Bagian Pemeliharaan listrik dam Instrumentasi	1	15.000.000	15.000.000
12	Ka. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	15.000.000	15.000.000
13	Ka, Sek. Personalia	1	10.000.000	10.000.000
14	Ka, Sek. Tata Usaha	1	10.000.000	10.000.000

Tabel 4.5 Rincian Gaji Karyawan (lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji(Rp) (Orang/bulan)	Gaji (Rp) Bulan
15.	Ka, Sek. Kesehatan Keselamatan kerja	1	10.000.000	10.000.000
16	Ka, Sek. Unit PengolahanLimbah	1	10.000.000	10.000.000
17	Ka, Sek. Hubungan Masyarakat	1	10.000.000	10.000.000
18	Ka, Sek. Keamanan	1	10.000.000	10.000.000
19	Ka, Sek. Proses	1	10.000.000	10.000.000
20	Ka, Sek. Utilitas	1	10.000.000	10.000.000
21	Ka, Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	10.000.000	10.000.000
22	Ka, Sek. Listrik danInstrumentasi	1	10.000.000	10.000.000
23	Ka, Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	10.000.000	10.000.000
24	Ka, Sek. Penelitian danPengembangan	1	10.000.000	10.000.000
25	Karyawan Personalia	5	4.000.000	20.000.000
26	Karyawan Tata Usaha	5	4.000.000	20.000.000
27	Karyawan Kesehatan, Keselamatan Kerja	5	6.000.000	30.000.000
28	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5	6.000.000	30.000.000
29	Karyawan Hubungan Masyarakat	4	4.000.000	16.000.000
30	Karyawan Keamanan	10	4.500.000	45.000.000
31	Karyawan Proses	7	6.500.000	45.500.000
32	Karyawan Utilitas	4	6.500.000	26.000.000
33	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5	6.000.000	30.000.000

Tabel 4.5 Rincian Gaji Karyawan (lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji(Rp) (Orang/bulan)	Gaji (Rp)Bulan
34	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5	6.000.000	30.000.000
35	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5	6.000.000	30.000.000
36	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5	6.000.000	30.000.000
37	Operator	57	6.000.000	342.000.000
38	Sekretaris	3	5.000.000	15.000.000
39	Dokter	4	10.000.000	40.000.000
40	Perawat	6	5.000.000	30.000.000
41	Sopir	5	4.500.000	22.500.000
42	Cleaning Service	8	4.500.000	36.000.000
	Total	172	470.500.000	1.208.000.000

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan. Hak-hak tersebut antara lain:

1. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari:

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

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

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*).

3. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.
- b. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawanwanita yang melahirkan.

4. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

a. Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

b. Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

c. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

d. Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan *catering* yang ditunjuk perusahaan.

e. Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa *shuttle bus*. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

f. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK).

BAB V

UTILITAS

5.1 Pelayanan Teknik (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 *1,3 Butadiene* ini, meliputi:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Penyediaan *Dowtherm* (*Dowtherm System*)
3. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
4. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
5. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
6. Unit Penyediaan Bahan Bakar
7. Unit Pengolahan Limbah

5.1.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik.

1. Unit Penyediaan Air

Pada unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air

yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik *1,3 Butadiene* ini berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

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

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik *1,3 Butadiene* ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut.

- a. Air Domestik (*Domestic Water*)

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, klinik, laboratorium, kantin, masjid dan lain-lain.

Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*.

c. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

d. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Berikut merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menangani air umpan *boiler* antara lain:

- Zat yang menyebabkan korosi

Beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada boiler adalah larutan asam dan gas-gas terlarut seperti CO_2 , O_2 , NH_3 , H_2S dan SO_2 .

- Zat yang menyebabkan kerak

Yang dapat menyebabkan kerak pada *boiler* adalah adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

e. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik

2. Unit Pengolahan

Pengolahan air dimaksudkan untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Bengawan Solo harus mengalami beberapa tahap pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar dapat digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik *1,3Butadiene* ini adalah sebagai berikut.

a. Penghisapan

Tahap awal dalam pengolahan air adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke penyaring (*screener*).

b. Penyaringan (*Screening*)

Screening adalah proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya tanpa menggunakan bahan

kimia. Sementara kotoran-kotoran yang lebih kecil masih terikut dengan aliran air dan akan dipisahkan pada tahap selanjutnya. Pada *screener* terdapat pembilas yang berfungsi untuk membersihkan *screener* dari kotoran-kotoran yang tersangkut agar tidak menghalangi aliran air.

c. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Setelah melewati proses penyaringan, air akan melalui proses sedimentasi. Sedimentasi adalah proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena gaya gravitasi.

d. Bak Penggumpal

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃.

e. Bak Pengendap I dan II

Selanjutnya, air yang telah menggumpal dan membentuk flok-flok akan mengalami proses flokulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, dapat ditambahkan kapur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan

kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, dapat ditambahkan juga *soda caustic* (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH sehingga pH pada *outlet* dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5.

f. *Sand filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu media *filter (spheres)* yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. *Output* dari *sand filter* mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di *filtered water storagetank*.

g. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *sand filter* atau disebut biasa disebut *filtered water* ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan *boiler (boilerfeed water)*, dan air proses.

h. Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air

layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

i. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia seperti *corrosion*

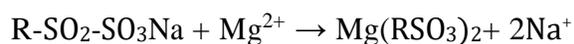
inhibitor, scale inhibitor, non-oxidizing biocide, dispersant, pH control dan oxidizing biocide

j. Demineralisasi

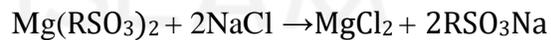
Air yang digunakan sebagai air umpan *boiler* untuk memproduksi *steamwater* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Untuk itu, perlu dilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut.

- Kation *Exchange*

Kation *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion positif atau kation. Kation yang terkandung dalam air seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+), potassium (K^+), mangan (Mn^{2+}), besi (Fe^{2+}) dan aluminium (Al^{3+}) diganti dengan ion H^+ atau Na^+ dari resin. Kation-kation tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan *fouling* (kerak) pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran kation yang terjadi dalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut:

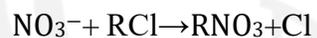


Kation resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh. Dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



- *Anion Exchange*

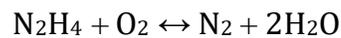
Anion exchanger merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion negatif atau anion. Anion yang terkandung dalam air seperti bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), nitrat (NO_3^-), dan silika (SiO_2^-), digantikan dengan resin yang memiliki sifat basa dan mempunyai formula RCl . Anion-anion tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan korosi pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran anion yang terjadi dalam *anion exchanger* adalah sebagai berikut:



- *Deaerator*

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (*demin water*) pada kation *exchanger* dan anion *exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada *deaerator*. Deaerasi adalah proses pembersihan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen (O_2) dan

karbon dioksida (CO₂). *Demin water* dipompakan menuju *deaerator* kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₄) yang berfungsi untuk mengikat oksigen (O₂) sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



3. Kebutuhan Air

Rincian kebutuhan air pada pabrik *1,3 Butadiene* ini adalah sebagai berikut.

a. Kebutuhan Air Domestik (*Domestic Water*)

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air perumahan.

- Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan = 172 orang

Kebutuhan air setiap karyawan = 100 L/hari

Total kebutuhan air karyawan = 16.813,08 kg/hari

- Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah = 50

Jumlah orang tiap unit = 4 orang

Kebutuhan air setiap orang = 200 L/hari

Total kebutuhan air perumahan = 40.920,52 kg/hari

Total kebutuhan air domestik = 57.733,6kg/hari = 2.405,56 kg/jam

b. Kebutuhan Air Layanan Umum (*Service Water*)

Untuk kebutuhan *service water* diasumsikan sekitar 500 kg/jam. Asumsi kebutuhan air ini kemudian digunakan untuk konsumsi umum seperti laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel, dan lain-lain.

Tabel 5. 1 Total kebutuhan air

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	23.063,08
2	<i>Service Water</i>	500
4	<i>Steam Water</i>	12.815,42
Total		36.378,50

5.1.2 Unit Penyediaan Dowtherm (Dowtherm System)

Unit ini berfungsi sebagai penyedia dowtherm yang digunakan sebagai media pendingin. Dimana dowtherm yang digunakan merupakan dowtherm A dengan pertimbangan bahwa jenis dowtherm ini mampu bekerja pada suhu yang tinggi sehingga lebih efektif jika dibandingkan dengan penggunaan air pendingin biasa yang dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir.

Dowtherm A terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter yang dapat digunakan dalam fase cair dan uap dengan kisaran aplikasi pada rentang 15-400°C dan tekanan 1-10,6 bar. Jumlah dowtherm yang digunakan adalah sebesar 10.522,08 Kg/Jam diperoleh dari PT. Samiraschem Indonesia, Jakarta Timur.

5.1.3 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit Pembangkit *Steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis *steam* yang digunakan adalah *saturated steam* suhu 350°C dan tekanan 101,3 kPa. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik 1,3 Butadiene ini adalah *boiler* dengan spesifikasi:

Kapasitas = 1.903,96 kg/jam

Jenis = *Water tube boiler*

Jumlah = 1

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah *unit economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alatpembakaran (*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 101,3 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.1.4 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik *1,3 Butadiene* ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 1.125,291 kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
2. Tegangan dapat dinaikan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik *1,3 Butadiene* ini adalah sebagai berikut.

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 2 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Vaporizer	V-01	0,05	37,3
Reaktor 1	R-01	7,5	5.592,7
Reaktor 2	R-02	3	2.237,1
Pompa-01	P-01	150	111,8
Pompa-02	P-02	1	745,7
Pompa-03	P-03	0,7	559,3
Pompa-04	P-04	0,7	559,3
Pompa-05	P-05	7,5	5.592,7
Pompa-06	P-06	0,5	372,8
Pompa-07	P-07	1,0	745,7
Pompa-08	P-08	0,5	372,8
Total		183,05	136.500,3

Total kebutuhan listrik alat proses = 136.599,3 Watt
 = 136,5 kW

b. Kebutuhan listrik Utilitas

Tabel 5. 3 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Hp Daya Watt	
<i>Cooling Tower Dowtherm</i>	CT-01	5,00	3728,5000
Kompresor Udara	CP-01	3,00	2237,1000
Pompa Utilitas-01	PU-01	1,00	745,7000
Pompa Utilitas-02	PU-02	2,00	1491,4000
Pompa Utilitas-03	PU-03	2,00	1491,4000
Pompa Utilitas-04	PU-04	0,05	37,2850
Pompa Utilitas-05	PU-05	2,00	1491,4000
Pompa Utilitas-06	PU-06	1,50	1118,55
Pompa Utilitas-07	PU-07	0,30	223,71
Pompa Utilitas-08	PU-08	0,75	559,27
Pompa Utilitas-09	PU-09	0,75	559,27
Pompa Utilitas-10	PU-10	0,05	37,28
Pompa Utilitas-11	PU-11	1,50	1118,55
Pompa Utilitas-12	PU-12	0,25	186,42
Pompa Utilitas-13	PU-13	0,05	37,28
Pompa Utilitas-14	PU-14	1,00	745,70
Pompa Utilitas-15	PU-15	0,05	37,28
Pompa Utilitas-16	PU-16	0,05	37,28
Pompa Utilitas-17	PU-17	0,50	372,85
Pompa Utilitas-18	PU-18	0,05	37,28
Pompa Utilitas-19	PU-19	0,05	37,28
Total		21,90	16.330,83

Total kebutuhan listrik alat utilitas = `16.330,83Watt
= 16,33 kW

Total kebutuhan listrik *plant* = 152,83 kW

c. Kebutuhan Listrik Lainnya

- Kebutuhan listrik untuk AC dan penerangan masing-masing sebesar 30kW dan 100 kW.
- Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel sebesar 75 kW dan listrik instrumentasi sebesar 50 kW.

Kebutuhan penunjang alat listrik secara lebih lengkap dapat dilihat pada

Tabel 5.4 sebagai berikut

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik

Keperluan	Kebutuhan (kW)
<i>Kebutuhan Plant</i>	
a. Proses	128,3
b. Utilitas	16,3
a. Penerangan	100
b. AC	30
Laboratorium dan bengkel	75
Instrumentasi	50
Total	399,6

5.1.5 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 56,07 m³/jam dengan tekanan 6,35 bar.

5.1.6 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler sebesar 90,22 kg/jam dan generator sebesar 132,25 l/jam.

5.1.7 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik 1,3 *Butadiene* ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari pabrik 1,3 *Butadiene* ini terdiri limbah cair. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut.

1. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

- COD : maks. 100 mg/l
- BOD : maks. 20 mg/l

- TSS : maks. 80 mg/l
- Oil : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut.

a. Limbah Air Proses

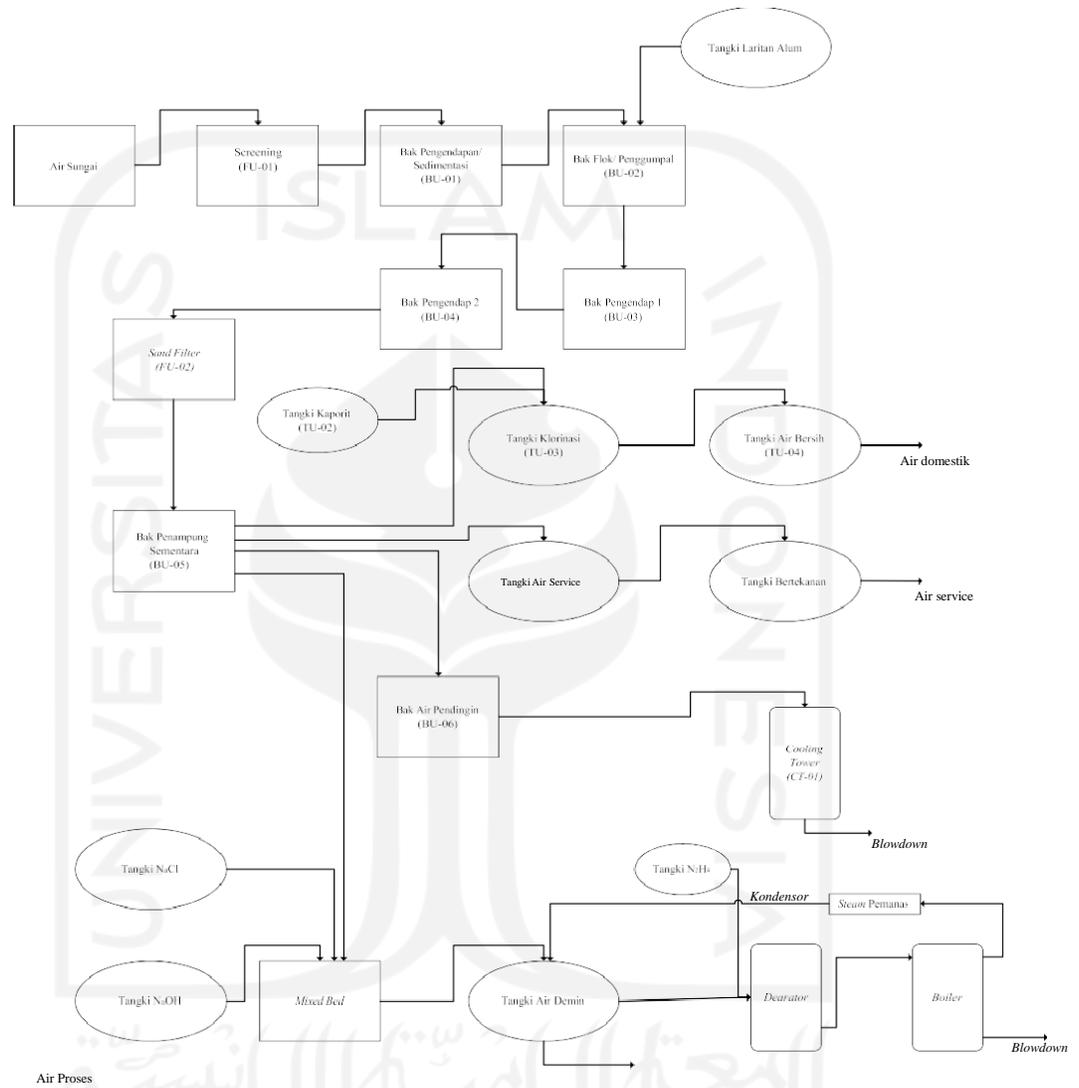
Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan alat proses dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

b. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir.

c. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.



Gambar 5. 1 Diagram alir pengolahan air

5.1.8 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Pompa Utilitas

Tabel 5. 5 Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screener</i>	Mengalirkan air sungai dari <i>screener</i> menuju <i>resiervoir</i> /sedimentasi (BU-01)	Mengalirkan air dari bak sedimentasi (BU-01) menuju bak koagulasi dan flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari tangki alum (TU-01) menuju bak koagulasi dan flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari bak koagulasi dan flokulasi (BU-02) menuju bak pengendapan 1 (BU-03)
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>				
<i>Impeller</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan kontruksi	<i>Commercial steel</i>				
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, ft ² /s	0,64	0,61	0,58	0,00003	0,58
<i>Pump head</i> ,m	4,83	4,93	4,57	4,56	4,78
Suhu fluida, °C	30	30	30	30	30
Instalasi	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>
<i>Rate volumetric</i> , ft ² /s	0,64	0,61	0,57	0,000031	0,58
Kecepatan aliran, ft/s	2,68	3,02	2,87	0,08	2,87

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40	40
OD , in	6,63	6,63	6,63	0,41	6,63
ID, in	6,61	6,07	6,07	0,26	6,07
<i>Friction head</i>	0,79	1,09	0,93	0,013	0,87
Efisiensi pompa	0,50	0,60	0,50	0,20	0,50
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	1.747,98	1.412,88	1.490,09	0,20	1.561,59
Daya motor, watt	2.237,10	2.237,10	2.237,10	37,29	2.237,10
Kecepatan putar, rpm	7.446,96	7.146,12	7.383,80	54,37	7.128,75
Harga, \$	23,825	23,825	23,825	4,395	23,825

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU10
Fungsi	Mengalirkan air dari bak pengendapan 1 (BU-03) menuju bak pengendapan 2 (BU-04)	Mengalirkan air dari bak pengendapan II (BU-04) menuju bak saringan pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari bak <i>sand filter</i> / bak saringan pasir (FU-02) menuju bak penampung sementara (BU-05)	Mengalirkan air dari bak penampung sementara (BU-05) menuju area kebutuhan air	Mengalirkan kapori dari tangki kaporit (T-03) menuju tangki klorinasi (TU-02)
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>				
<i>Impeller</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>				
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, ft ² /s	0,55	0,52	0,55	0,03	0,0000002
<i>Pump head</i> ,m	4,70	1,15	4,70	1,25	1,54
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30
Instalasi	Horisontal dan vertikal				
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>				
<i>Rate volumetric</i> , ft ² /s	0,55	0,52	0,55	0,03	0,0000002
Kecepatan aliran,ft/s	2,72	2,59	2,72	1,96	0,001
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40	40
OD, in	6,63	6,63	6,63	1,90	0,41

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU10
ID, in	6,07	6,07	6,07	1,61	0,27
<i>Friction head</i>	0,87	0,78	0,87	1,11	0,000001
Efisiensi pompa	0,47	0,45	0,47	0,20	0,20
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	1.551,72	377,24	1.551,72	49,24	0,00044
Daya motor, watt	2.237,10	559,28	2.237,10	62,14	37,29
Kecepatan putar, Rpm	7.037,03	19.694,83	7.037,03	4.276,65	9,80
Harga, \$	23,825	23,825	23,825	11,103	4,395

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari tangki bersih (TU-04) menuju area domestik	Mengalirkan air dari tangki air <i>service</i> (TU-05) menuju tangki air bersih bertekanan (TU-06)	Mengalirkan air dari tangki bertekanan (TU-06) menuju area kebutuhan <i>service</i>	Mengalirkan air dari bak air dingin (BU-06) menuju ke <i>cooling tower</i> (CT-01)
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow Impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, ft ² /s	0,03	0,03	0,006	0,006	0,39
<i>Pump head</i> ,m	4,81	4,76	2,92	2,91	2,79
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30
Instalasi	Horisontal dan Vertikal	vertikal	Horisontal dan Vertikal	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>
<i>Rate volumetric</i> ,	0,028	0,028	0,006	0,006	0,39

ft ² /s					
Kecepatan aliran, ft/s	1,96	1,96	1,56	1,56	1,92

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40	40
OD , in	1,90	1,90	1,05	1,05	6,63
ID, in	1,61	1,61	0,82	0,82	6,07
<i>Friction head</i>	1,11	0,94	0,90	0,86	0,44
Efisiensi pompa	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	189,05	187,03	23,90	23,78	762,11
Daya motor, watt	248,57	248,57	37,29	37,29	1.118,55
Kecepatan putar, rpm	1.559,22	1.571,81	1.032,23	1.035,89	8.740,97
Harga alat, \$	11,103	11,103	7,633	7,633	23,825

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas			
	Kode	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>cooling tower</i> (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari bak airdingin	Mengalirkan air dari tangki penampung NaCl(TU-07) menuju <i>mixed bed</i> (MB-01)	Mengalirkan air dari <i>mixed bed</i> (MB-01) menuju tangki air demin(TU-10)	Mengalirkan airdari tangki air demin (TU-10) menuju tangka <i>deaerator</i> (DE-01)
Jenis pompa	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan kontruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, ft ² /s	0,03	0,02	0,02	0,02
<i>Pump head</i> ,m	4,81	1,69	4,02	1,51
Suhu fluida, C	30	30	30	30
Instalasi	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal	Horisontal dan vertikal
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>
<i>Rate volumetric</i> , ft ² /s	0,03	0,02	0,02	0,02
Kecepatan aliran, ft/s	1,96	1,69	1,6	1,69

Tabel 5.5 Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40
OD, in	1,90	1,66	1,66	1,66
ID, in	1,61	1,38	1,38	1,38
<i>Friction head</i>	0,44	0,52	0,59	0,56
Efisiensi pompa	0,40	0,20	0,20	0,20
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	1.017,36	42,21	99,98	37,55
Daya motor, watt	1.491,40	62,14	186,43	62,14
Kecepatan putar, rpm	7.038,26	2.711,40	1.420,06	2.959,91
Harga alat, \$	11,103	10,178	10,178	10,178

2. Bak Penampung Utilitas

Tabel 5. 6 Bak Utilitas

Spesifikasi	Bak					
Kode	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungaidengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi 02)	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak silinder tegak	Bak persegi dengan beton bertulang	Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang	Bak persegi bertulang dan dilapisi porselin	Bak persegi panjang
Bahan	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Volume (m ³)	378,65	59,90	359,72	341,73	2,88	962,53
Tinggi (m)	4,55	4,24	4,48	4,40	0,89	6,21
Panjang (m)	9,12	4,24	8,96	8,81	1,79	12,43
Lebar (m)	9,12	0,14	8,96	8,81	1,79	12,43
Harga, \$	110,220	33,309	103,165	4,511	4,626	202,283

3. Tangki Utilitas

Tabel 5. 7 Tangki Utilitas

Spesifikasi	Tangki Utilitas				
	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Kode					
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (TU-01)	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumahtangga	Menampung air untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Berbentuk Tangki silinder berpengaduk	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	1	1	1	1	1
Volume (m ³)	3,24	0,0064	2,88	69,28	14,4
Diameter (m)	1,19	0,2008	1,54	4,45	2,63
Tinggi (m)	2,39	0,2008	1,54	4,45	2,63
Harga, \$	38,976	37,588	37,588	56,440	46,725

Tabel 5.7 Tangki Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Tangki Utilitas					
	Kode	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi Anion <i>exchanger</i> .	Mencampur kondensat sirkulasi dan <i>make up</i> air umpan <i>boiler</i> sebelum dibangkitkan sebagai steam dalam <i>boiler</i>	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Tangki Silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Volume (m ³)	14,4	0,63	0,32	1,82	43,86	1,85
Diameter (m)	2,63	0,93	0,74	1,32	3,82	1,33
Tinggi (m)	2,63	0,93	0,74	1,32	3,82	1,33
Harga, \$	46,725	32,036	29,492	36,316	53,433	36,316

4. Screener

Tabel 5. 8 Spesifikasi Screener

Spesifikasi	<i>Screener</i>
Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya daun, ranting dan sampah- sampah lainnya
Bahan	Aluminium
Jumlah	1
Panjang (m)	3,05
Lebar (m)	2,44
Diameter lubang (cm)	1
Harga, \$	12,722

5. Sand Filter

Tabel 5. 9 Spesifikasi Sand Filter

Spesifikasi	<i>Sand filter</i>
Kode	FU-02
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Jenis	<i>sand filter</i>
Jumlah	1
Material	<i>Spheres</i>
Ukuran Pasir (<i>mesh</i>)	28
Diameter (in)	0,03
Tinggi lapisan pasir(m)	0,50
Panjang (m)	1,76
Lebar (m)	1,76
Tinggi (m)	0,88
Harga, \$	4,511

6. Cooling Tower Dowtherm

Tabel 5. 10 Spesifikasi Cooling Tower Dowtherm

Spesifikasi	<i>Cooling Tower Dowtherm</i>
Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jumlah	1
Panjang (m)	1,98
Lebar (m)	1,98
Tinggi (m)	3,57
Harga, \$	53,202

7. Daerator

Tabel 5. 11 Spesifikasi Daerator

Spesifikasi	<i>Daerator</i>
Kode	De-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terkandung dalam <i>feed water</i> yang dapat menyebabkan kerak pada <i>boiler</i> (BO-01)
Jumlah	1
Volume (m ³)	1,83
Diameter (m)	1,33
Tinggi (m)	1,33
Harga, \$	4,742

8. Blower

Tabel 5. 12 Spesifikasi Blower

Spesifikasi	<i>Blower</i>
Kode	BL-01
Fungsi	Untuk menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jumlah	1
Efisiensi motor	80%
Tenaga motor (HP)	5
Harga, \$	150,353

9. Mixed Bed

Tabel 5. 13 Spesifikasi *Mixed Bed*

Spesifikasi	<i>Mixed Bed</i>
Kode	MB-01
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jumlah	1
Diameter (m)	0,40
Tinggi (m)	1,27
Tinggi <i>bed</i> (m)	1,52
Volume <i>bed</i> (m ³)	0,16
Volume bak resin (m ³)	956,66
Tebal (in)	0,19
Harga, \$	169,423

BAB VI

EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik *1,3 Butadiene*, diperlukan evaluasi ekonomi untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak. Dan untuk sumber pajak dan bunga bank SAAT ini, pengenaan PPh atas bunga deposito dan tabungan diatur dalam PP 131/2000 s.t.d.d. PP 123/2015. PP ini merupakan aturan pelaksana Pasal 4 ayat (2) UU PPh. Sesuai dengan peraturan tersebut, atas penghasilan berupa bunga deposito dan tabungan dipotong PPh yang bersifat final dengan tarif 20% Evaluasi ekonomi dapat meninjau kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan titik terjadinya impas yaitu total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Sehingga dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya, yaitu:

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Event Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Namun, ada beberapa hal yang perlu diperkirakan sebelum melakukan analisis terhadap ke lima faktor di atas, seperti:

1. Penentuan modal industri (*fixed capital investment*), yang meliputi:
 - a. Modal tetap (*fixed capital investment*)
 - b. Modal kerja (*working capital investment*)
2. Penentuan total biaya produksi (*Total production cost*), yang meliputi:
 - a. Biaya pembuatan (*manufacturing cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan Modal

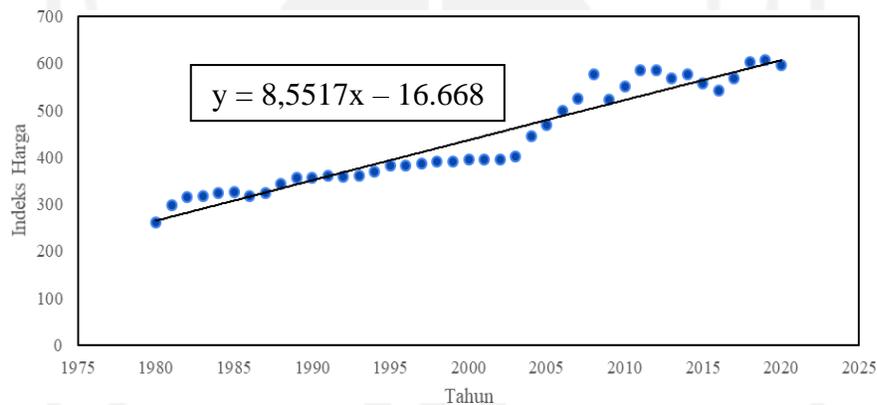
Perkiraan yang perlu dilakukan untuk mengetahui titik impas, adalah sebagaiberikut:

- a. Biaya tetap per tahun (*fixed cost annual*)
- b. Biaya variabel per tahun (*variable cost annual*)
- c. Biaya mengambang (*regulated cost annual*)

6.1.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisiekonomi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu pada tahun 2027 ditentukan menggunakan indeks harga alat pada tahun tersebut.

Untuk mengetahui harga alat pada tahun pendirian pabrik yaitu tahun 2027, maka dicari indeks pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2027 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 1980 sampai 2020 didapatkan dari chemengonline.com/pci yang kemudian dicari dengan menggunakan persamaan regresi linier. Grafik antara tahun dan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1



Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Indeks Harga

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, berdasarkan data di atas didapatkan persamaan berikut:

$$y = 8,5517x - 16.668 \quad (6.1)$$

Dimana:

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapat harga indeks pada tahun 2027 adalah 666,296. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga (Aries dan Newton, 1955).

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

(6.2)

Dimana :

E_x : Harga pembelian pada tahun ke 2027

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Indeks harga pada tahun ke 2027

N_y : Indeks harga pada tahun referensi

6.1.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik = 34.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Tahun pendirian pabrik = 2027

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 15.472 (Oktober 2022)

Harga bahan baku (etanol) = Rp 3.026.825.647.895 / tahun

Harga katalis (*Chromia Alumina*) = Rp 161.400.226 / tahun

Harga katalis (*Tantala Silika*) = Rp 170.932.316 / tahun

Harga produk utama (*1,3 Butadiene*) = Rp 6.395.814.195.117/ tahun

6.1.3 Perhitungan Biaya

a. Capital Investment

Capital investment merupakan jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari:

- *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas suatu pabrik.

- *Working Capital Investment*

Working capital investment merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. Total production cost

• *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan proses pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, *manufacturing cost*

meliputi:

- *Direct Cost*

Direct cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dalam proses pembuatan suatu produk.

- *Indirect Cost*

Indirect cost merupakan biaya pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi suatu pabrik.

- *Fixed Cost*

Fixed cost merupakan biaya pengeluaran yang bersifat tetap, tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu ataupun pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

- General Expenses

General Expenses atau pengeluaran umum merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*.

6.1.4 Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan suatu perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan dari pabrik *1,3Butadiene* dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

a. Return On Investment (ROI)

Return on investment adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *percent return on investment* adalah :

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (6.3)$$

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan risiko rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan risiko tinggi mempunyai minimum ROI before tax sebesar 44%.

b. Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pay out time* adalah :

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}} \quad (6.4)$$

Pada pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

c. Break Event Point (BEP)

Break even point merupakan titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini kapasitas produksi pada saat-sales sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi di bawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi di atas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar antara 40% - 60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *break even point* adalah:

$$\text{BEP} = \frac{F_a + 0,3 R_a}{(S_a - V_a - 0,7 R_a)} \times 100 \% \quad (6.5)$$

Keterangan:

F_a = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

R_a = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

S_a = *Annual variable value* pada produksi maksimum

V_a = *Annual sales value* pada produksi maksimum

d. Shut Down Point (SDP)

Shut down point merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini bisa terjadi karena keputusan manajemen yang dikarenakan kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau bisa juga diakibatkan oleh *variable cost* yang terlalu tinggi. Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut diakibatkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menentukan Shut down point adalah :

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \% \quad (6.6)$$

e. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted cash flow rate of return merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *discounted cash flow rate of return* adalah:

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

(6.7)

Keterangan:

FC = *Fixed capital*

WC = *Working capital*

SV = *Salvage value*

C = *Cash flow*

= (keuntungan setelah pajak + depresiasi + *finance*)

n = Umur pabrik

i = Nilai DCFR

6.1.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik *1,3 Butadiene* ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak. Hasil perhitungan akan disajikan pada Tabel 6.1 sampai dengan Tabel 6.1.

Tabel 6. 1 Physical Plant Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	1.605.545.858.064	103,769.720
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	401.386.464.516	25,942,430
3	<i>Installation Cost</i>	265.390.767.730	17,152,749
4	<i>Piping Cost</i>	889.370.181.817	57,481,818
5	<i>Instrumentation Cost</i>	401.977.391.562	25,980,623
6	<i>Insulation Cost</i>	62.038.363.764	4,009,667
7	<i>Electrical Cost</i>	240.831.878.710	15,565,458
8	<i>Building Cost</i>	69.856.350.000	4,514,959
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	22.094.220.000	1,427,995
Physical Plant Cost (PPC)		3.958.491.476.163	255,845,418

Tabel 6. 2 Direct Plant Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	791.698.295.233	51,169,084
Total DPC + PPC		4.750.189.771.395	307,014,502

Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	4.750.189.771.395	307,014,502
2	<i>Contractor's Fee</i>	380.015.181.712	24,561,160
3	<i>Contingency</i>	712.528.465.709	46,052,175
Fixed Capital Investment (FCI)		5.842.733.418.816	377,627,837

Tabel 6. 4 Direct Manufacturing Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	3.027.148.448.346	195,650,809
2	<i>Labor Cost</i>	14.712.000.000	950,867
3	<i>Supervisory Cost</i>	1.765.440.000	114,104
4	<i>Maintenance Cost</i>	116.854.668.376	7,552,557
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	17.528.200.256	1,132,884
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	191.874.425.854	12,401,237
7	<i>Utilities Cost</i>	7.864.865.018	508,322
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		3.377.748.047.850	218,310,779

Tabel 6. 5 Indirect Manufacturing Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.206.800.000	142,630
2	<i>Laboratory</i>	1.471.200.000	95,087
3	<i>Plant Overhead</i>	8.827.200.000	570,520
4	<i>Packaging & Shipping</i>	319.790.709.756	20,668,729
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		332.295.909.756	21,476,966

Tabel 6. 6 Fixed Manufacturing Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depresiation</i>	525.846.007.693	33,986,505
2	<i>Property Taxes</i>	116.854.668.376	7,552,557
3	<i>Insurance</i>	58.427.334.188	3,776,278
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		701.128.010.258	45,315,340

Tabel 6. 7 Manufacturing Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	3.377.748.047.850	218,310,780
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	332.295.909.756	21,476,966
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	701.128.010.258	45,315,340
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		4.411.171.967.865	285,103,086

Tabel 6. 8 Working Capital

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	64.212.239.813	4,150,169
2	<i>In Process Inventory</i>	6.683.593.891	431,974
3	<i>Product Inventory</i>	93.570.314.470	6,047,641
4	<i>Extended Credit</i>	135.668.785.957	8,768,552
5	<i>Available Cash</i>	401.015.633.442	25,918,462
Working Capital (WC)		701.150.567.573	45,316,798

Tabel 6. 9 General Expenses

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	132.335.159.036	8,553,093
2	<i>Sales Expense</i>	661.675.795.180	42,765,463
3	<i>Research</i>	220.558.598.393	14,255,154
4	<i>Finance</i>	130.877.679.728	8,458,893
General Expenses (GE)		1.145.447.232.337	74,032,602

Tabel 6. 10 Total Production Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	4.411.171.967.865	285,103,086
2	<i>General Expenses (GE)</i>	1.145.447.232.337	74,032,602
Total Production Cost (TPC)		5.556.619.200.201	359,135,689

Tabel 6. 11 Fixed Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	525.846.007.693	33,986,505
2	<i>Property Taxes</i>	116.854.668.376	7,552,557
3	<i>Ansurance</i>	58.427.334.188	3,776,278
Fixed Cost (Fa)		701.128.010.258	45,315,340

Tabel 6. 12 Variable Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	3.027.148.448.346	195,650,809
2	<i>Packaging & Shipping</i>	319.790.709.756	20,668,729
3	<i>Utilities</i>	7.864.865.018	508,322
4	<i>Royalty & Patent</i>	191.874.425.854	12,401,237
<i>Variabel Cost (Va)</i>		3.546.678.448.974	229,229,098

Tabel 6. 13 Regulated Cost

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor Cost</i>	14.712.000.000	950,867
2	<i>Payroll Overhead</i>	2.206.800.000	142,630
3	<i>Supervision</i>	1.765.440.000	114,104
4	<i>Plant Overhead</i>	8.827.200.000	570,520
5	<i>Laboratory</i>	1.471.200.000	95,087
6	<i>General Expense</i>	1.145.447.232.337	74,032,602
7	<i>Maintenance</i>	116.854.668.376	7,552,557
8	<i>Plant Supplies</i>	17.528.200.256	1,132,884
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		1.308.812.740.969	84,591,250

6.1.6 Hasil Analisis Keuntungan

Total penjualan = Rp750.913.040.169/tahun

Total production cost = Rp651.793.023.134/tahun

Keuntungan sebelum pajak = Rp99.120.017.035/tahun

Pajak pendapatan = Rp29.736.005.110/tahun

Keuntungan setelah pajak = Rp69.384.011.924/tahun

6.1.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

a. Return On Investment (ROI)

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = 14,36\%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 11,49\%$$

b. Pay Out Time (POT)

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

$$\text{POT sebelum pajak} = 4,2 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 5 \text{ tahun}$$

c. Break Event Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = 56,58\%$$

d. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 20,31\%$$

e. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

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

Umur pabrik = 10 tahun

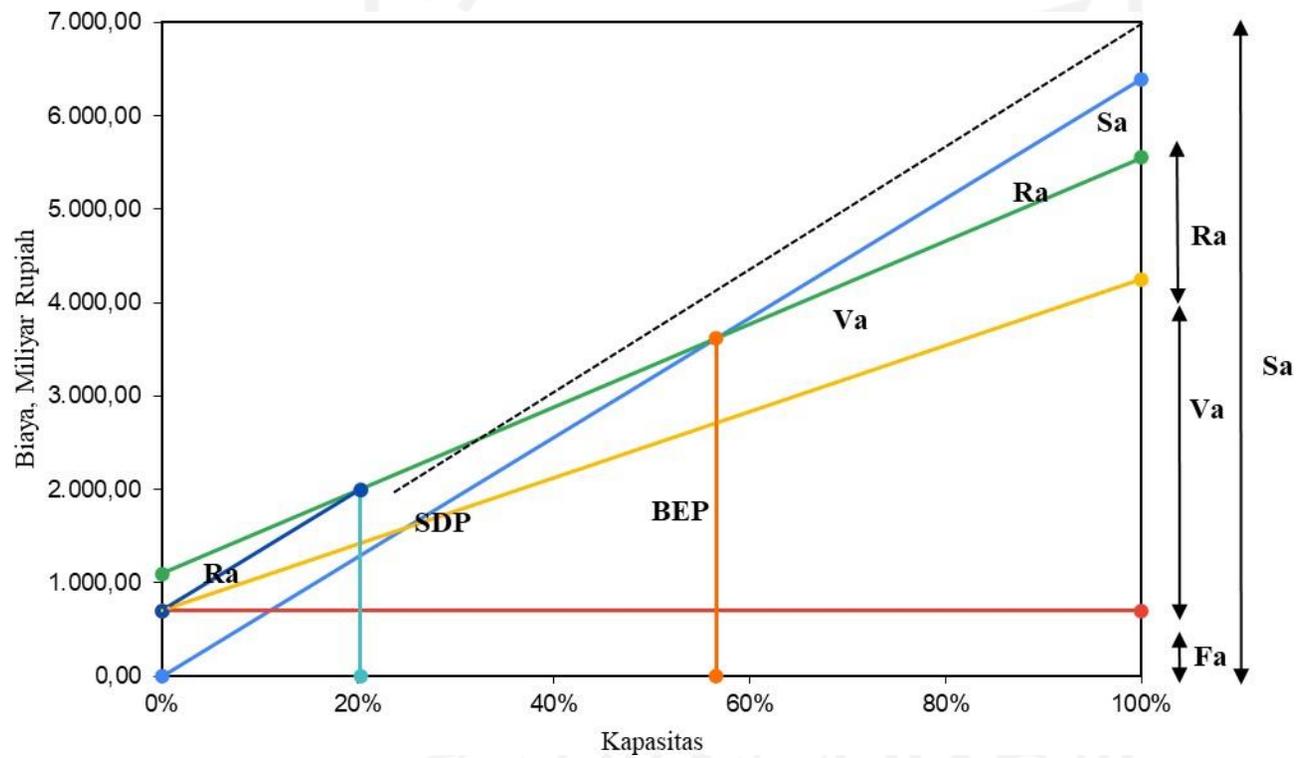
Fixed capital investment (FC) = Rp5.842.733.418.816

Working capital (WC) = Rp701.150.567.573

Salvage (SV) = Rp525.846.007.693

Cash flow (C) = Rp1.328.079.683.354

DFCR = 24,98%



Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan pabrik 1,3 *Butadiene* ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, jenis produk, dan analisis ekonomi POT dan ROI maka pabrik 1,3 *Butadiene* ini tergolong pabrik dengan risiko rendah (*low risk*).
2. Pabrik 1,3 *Butadiene* ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap impor, dan membantu memperbaiki perekonomian negara.
3. Pabrik 1,3 *Butadiene* dengan kapasitas 34.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku etanol sebesar 13.544,23 ton/tahun dan asetaldehid 114.219,16 ton/tahun.
4. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik 1,3 *Butadiene* sebesar 21.661 m².
5. Pabrik akan didirikan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, kemudahan sarana utilitas seperti sumber air, tenaga kerja, ketersediaan listrik dan akses transportasi serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.

6. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:

a. Keuntungan yang diperoleh:

Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp839.194.944.916/tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp671.355.995/tahun.

b. *Return On Investment (ROI)*:

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 14,36% dan ROI setelah pajak sebesar 11,49% syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimiadengan risiko rendah adalah minimum 11%.

c. *Pay Out Time (POT)*:

POT sebelum pajak 4,2 tahun sedangkan sesudah pajak adalah 5 tahun.

d. *Break Event Point (BEP)* pada 56,58% dan *Shut Down Point (SDP)* pada 20,31%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%-60%.

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 24,98%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

Dengan mempertimbangkan hasil evaluasi ekonomi di atas maka pabrik 1,3 *Butadiene* dari etanol dengan kapasitas 34.000 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. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk 1,3 *Butadiene* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya kebutuhan masyarakat saat ini.
4. Pendirian pabrik 1,3 *Butadiene* dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sektor penggerak perekonomian nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., and Newton, R. D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc.Graw Hill Book Co., New York.
- Brown, G.G., 1950, "*Unit Operation*", Modern Asia Editions, New York. Brownell, L.E., and Young, E. H., 1959, "*Process Equipment Design*", Wiley Eastern Ltd., New Delhi.
- HB, Wibowo., 2011. "Analisa metode produksi butadiena yang diterapkan di Indonesia". jurnal.lapan.go.id, 15 April 2021
- Groggins, P. H., 1958, "*Unit Processes in Organic Synthesis*", McGraw Hill International Book Company, New York.
- Harga Alat, www.matche.com, 12 Oktober 2022
- Harga Bahan, www.alibaba.com, 12 Oktober 2022
- Kern, D. Q., 1950, "*Process Heat Transfer*", Mc.Graw Hill International Book Co., Tokyo.
- Othmer, Kirk, 1998, "*Encyclopedia of Chemical Technology*", 4 ed., vol. 6,8, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Perry, R. H., and Chilton, C. H., 1999, "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*", 7th ed., Mc.Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Peters, M. S., and Timmerhouse, K. D., 1981, "*Plant Design and Economics Chemical Engineers*", 3rd ed., Mc.Graw Hill Book Co., New York.
- Powell, S. T., 1954, "*Water Conditioning for Industry*", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Smith, J. M., H. C. Vanness, and M. M. Abbott, 2004, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 7th ed., McGraw-Hill, New York.
- Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, www.bps.go.id. 4 April 2019 Impor Barang Luar Negeri Indonesia, reportlinker.com. 6 April 2019
- Raharjo, Agus Tri., and Artody Nugroho, 2008, "*Prarancangan Pabrik 1,3 Butadiene dari Asetaldehid dan Ethanol dengan Kapasitas 125.000 ton/tahun*", Tugas Akhir, UGM, Yogyakarta.
- Treyball, R. E., 1980, "*Mass Transfer Operations*", 3rd ed., McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- Vanness, H.C., 1983, "*Understanding Thermodynamics*", Dover Publications, Boston.
- Walas, S. M., 1990, "*Chemical Equipment Process*", Butterworth-Heinemann, Woburn.
- Yaws, 1997, "*Chemical Property Handbook*". McGraw Hill Companies Inc, New York.



Perancangan Reaktor 1

Fungsi : Mereaksikan senyawa C_2H_5OH dengan bantuan katalis $Al_2O_3-Cr_2O_3$ menjadi C_2H_4O dan H_2 .

Tipe : Reaktor Alir Pipa, *Fixed Bed Reactor Multitube*

Kondisi Operasi:

Suhu : $325^\circ C$

Tekanan : 1 atm

Konversi : 90%

1. Dasar Pemilihan Jenis Reaktor

- Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat.
- Umur katalis Panjang 12-15 bulan.
- Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang tidak terlalu besar.
- Tidak di perlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
- Konstruksi reactor *Fixed Bed Multitube* lebih sederhana jika dibandingkan dengan reactor *Fluidized Bed* sehingga biaya pembuatan, operasional dan perawatan relatif murah.

2. Menentukan persamaan reaksi kimia



3. Neraca Massa

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5
H_2	0	529,991
C_2H_4O	0	11.659,810
C_2H_5OH	13.544,224	1.354,42
H_2O	564,343	564,343
Total	14108,566	7.359,78

4. Perancangan Reaktor menggunakan Metode Analisis.

- Mencari *Volume* Reaktor

$$R_{in} - R_{out} - R_{rx} = 0$$

$$FA \Big|_z - FA \Big|_{z + \Delta z} + (-k \cdot CA \cdot CB) \cdot \Delta V = 0$$

$$\frac{FA \Big|_z + \Delta z - FA \Big|_z}{\Delta V} = k \cdot CA \cdot CB$$

$$-\frac{dFA}{dV} = k \cdot CA \cdot CB \quad FA = FA_0 (1 - X_A)$$

$$FA_0 \frac{dX_A}{dV} = k \cdot CA \cdot B \quad \frac{dFA}{dX_A} = -FA_0$$

$$\int dV = FA_0 \int \frac{dX_A}{k \cdot CA \cdot B}$$

$$V = \frac{FA_0}{k} \int \frac{dX_A}{CA_0(1 - X_A)CA_0\left(\frac{CB_0}{CA_0} - X_A\right)}$$

$$V = \frac{FA_0}{k \cdot CA_0^2} \int \frac{dX_A}{(1 - X_A)^2}$$

Dimana

FA₀ : Laju Alir Mula-mula

(14.108,56 kg/jam)

k : Nilai Kinetika Reaksi

(0,629 exp^(-2178/325))

X_A : Konversi Reaksi

(90% = 0,9)

CA0 : Konsentrasi Awal

(0,0184148 mol/jam)

V : Volume

$$V = \frac{14.108,56}{0,629(0,0184148)^2} \int_0^{0,9} \frac{1}{(1-0,9)^2}$$

$$V = 5.953.10^6 \text{ m}^3$$

$$V_d = 1,2 \times V \quad (\text{Over design} = 20\%)$$

$$V_d = 7.143,67$$

Cari volume 1 tube standar :

$$\text{Volume Tube} = \frac{\pi \cdot id^2}{4} \cdot L_s$$

Dimana :

π : 3,14

Id : 78 in

Ls : Tinggi tube

(32 ft)

(Ludwig, Hal. 50)

Jadi, *Volume Tube Standar* = 30,05 m³

$$n = \frac{\text{Volume}}{\text{Volume Tube}}$$

n = 198 buah (jumlah tube)

- Mencari Tebal *Head*

$$\text{Tebal Head} = \frac{P \cdot id}{(2 \cdot S \cdot E) - (0,2 \cdot P)}$$

Dimana :

P : Tekanan dalam psia

(191,047)

Id : 78 in

S : *Allowable stress*

(17.500)

(Megyesy, Hal. 19)

E : Efisiensi sambungan

(100)

(Megyesy, Hal. 19)

Tebal *Head* = $1.081 \cdot 10^{-4}$ m

- Mencari Tinggi Reaktor

$$ids = \frac{-B \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

Dimana :

K1 : Konstanta untuk menghitung ids

(1,080)

(Ludwig, Hal.

K2 : -0,900

K3 : 0,690

K4 : -0,800

n : Passes

(1)

Od : 2,38

$$p : 1,2 \times Od$$

$$p : 2,856$$

$$\pi : 3,14$$

$$A : \frac{\pi}{4}$$

$$A : 0,785$$

$$B : p \times (K3 \times (n) + K4)$$

$$B : -0,314$$

$$C : K2 - n \text{JumlahTube} \times 1,223 \times p^2$$

$$C : -1.757.10^3$$

$$Ids = 50,38 \text{ in}$$

$$Ids = 1,28 \text{ m}$$

$$Icr =$$

$$(3 \text{ in})$$

(Brownell, Hal. 87)

$$r = \text{Jari-jari kelengkungan}$$

$$(48 \text{ in})$$

$$Sf = \text{Straight flarge}$$

$$(2 \text{ in})$$

$$a = \frac{ids}{2}$$

$$AB = \frac{ids}{2} - (icr)$$

$$BC = r - icr$$

$$AC = \sqrt{(B \cdot C^2 - (A \cdot B^2))}$$

$$b = r - \sqrt{(B \cdot C^2 - (A \cdot B^2))}$$

$$OA = \text{TebalHead} + b + Sf$$

OA = 0,276 m (tinggi *head*)

Tinggi *Ballast* = 2,5 in (Wallas,*Process Equipment Design*, Hal.587)

Tinggi Total = Ls + (2.Tinggi *Ballast*) + (2.OA)

Tinggi Total = 10,432 m



Perancangan Reaktor 2

Fungsi : Mereaksikan senyawa C₂H₅OH dan C₂H₄O dengan katalis Tantal Silika menjadi C₄H₆ dan 2H₂O.

Tipe : Reaktor Alir Pipa, *Fixed Bed Reactor Multitube*

Kondisi Operasi:

Suhu : 325°C

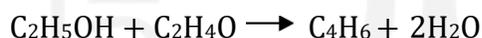
Tekanan : 1,3 atm

Konversi : 30%

3. Dasar Pemilihan Jenis Reaktor

- Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat.
- Umur katalis Panjang 12-15 bulan.
- Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang tidak terlalu besar.
- Tidak di perlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
- Konstruksi reactor *Fixed Bed Multitube* lebih sederhana jika dibandingkan dengan reactor *Fluidized Bed* sehingga biaya pembuatan, operasional dan perawatan relatif murah.

4. Menentukan persamaan reaksi kimia



5. Neraca Massa

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
H ₂	0	529,99	529,99
C ₂ H ₄ O	0	11.659,80	11.659,80
C ₄ H ₆	0	0	4292,93
C ₂ H ₅ OH	13.544,22	1.354,42	1.354,42
H ₂ O	564,34	564,34	564,34
Sub Total	14.108,56	129,49	14.108,56
Total	14.238,05		14.108,56

6. Perancangan Reaktor menggunakan Metode Analisis.

- Mencari *Volume* Reaktor

$$R_{in} - R_{out} - R_{rx} = 0$$

$$F_A \Big|_z - F_A \Big|_{z + \Delta z} + (-k \cdot C_A \cdot C_B) \cdot \Delta V = 0$$

$$\frac{F_A \Big|_z + \Delta z - F_A \Big|_z}{\Delta V} = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$-\frac{dF_A}{dV} = k \cdot C_A \cdot C_B \quad F_A = F_{A0} (1 - X_A)$$

$$F_{A0} \frac{dX_A}{dV} = k \cdot C_A \cdot B \quad \frac{dF_A}{dX_A} = -F_{A0}$$

$$\int dV = F_{A0} \int \frac{dX_A}{k \cdot C_A \cdot B}$$

$$V = \frac{F_{A0}}{k} \int \frac{dX_A}{C_{A0}(1 - X_A)C_{A0}\left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A\right)}$$

$$V = \frac{F_{A0}}{k \cdot C_{A0}^2} \int \frac{dX_A}{(1 - X_A) \cdot (M - X_A)}$$

Dimana

F_{A0} : Laju Alir Mula-mula

$$(1.354,42236 \text{ kg/jam})$$

k : Nilai Kinetika Reaksi

$$(0,629 \exp^{-2178/325})$$

X_A : Konversi Reaksi

$$(30\% = 0,3)$$

CA0 : Konsentrasi Awal

(0,0010155 mol/jam)

$$M = \frac{CB0}{CA0}$$

M=9

V : Volume

$$V = \frac{1.354,42236}{0,629(0,0010155)^2} \int_0^{0,3} \frac{1}{(1 - 0,3) \cdot (9 - 0,3)}$$

$$V = 1.029.10^7 \text{ m}^3$$

$$Vd = 1,2 \times V \quad (\text{Over design} = 20\%)$$

$$Vd = 12.343,23$$

Cari volume 1 tube standar :

$$\text{Volume Tube} = \frac{\pi \cdot id^2}{4} \cdot Ls$$

Dimana :

$$\pi : 3,14$$

$$Id : 108 \text{ in}$$

$$Ls : 32 \text{ ft}$$

$$\text{Jadi, Volume Tube Standar} = 57,61 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{\text{Volume}}{\text{Volume Tube}}$$

$$n = 178 \text{ buah (jumlah tube)}$$

- Mencari Tebal *Head*

$$\text{Tebal Head} = \frac{P \cdot id}{(2 \cdot S \cdot E) - (0,2 \cdot P)}$$

Dimana :

P : Tekanan dalam psia

(14,695)

Id : 78 in

S : 17.500

E : 100

Tebal *Head* = $1.152 \cdot 10^{-5}$ m

- Mencari Tinggi Reaktor

$$ids = \frac{-B \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

Dimana :

K1 : 1,080

K2 : -0,900

K3 : 0,690

K4 : -0,800

n : 1

Od : 2,38

p : 1,2 x Od

p : 2,856

$$\pi : 3,14$$

$$A : \frac{\pi}{4}$$

$$A : 0,785$$

$$B : p \times (K3 \times (n) + K4)$$

$$B : -0,314$$

$$C : K2 - n \text{JumlahTube} \times 1,223 \times p^2$$

$$C : -1.584.10^3$$

$$Ids = 47,843 \text{ in}$$

$$Ids = 1,215 \text{ m}$$

$$Icr = 3 \text{ in}$$

$$r = 48 \text{ in}$$

$$Sf = 2 \text{ in}$$

$$a = \frac{ids}{2}$$

$$AB = \frac{ids}{2} - (icr)$$

$$BC = r - icr$$

$$AC = \sqrt{(B \cdot C^2 - (A \cdot B^2))}$$

$$b = r - \sqrt{(B \cdot C^2 - (A \cdot B^2))}$$

$$OA = \text{TebalHead} + b + Sf$$

$$OA = 0,258 \text{ m}$$

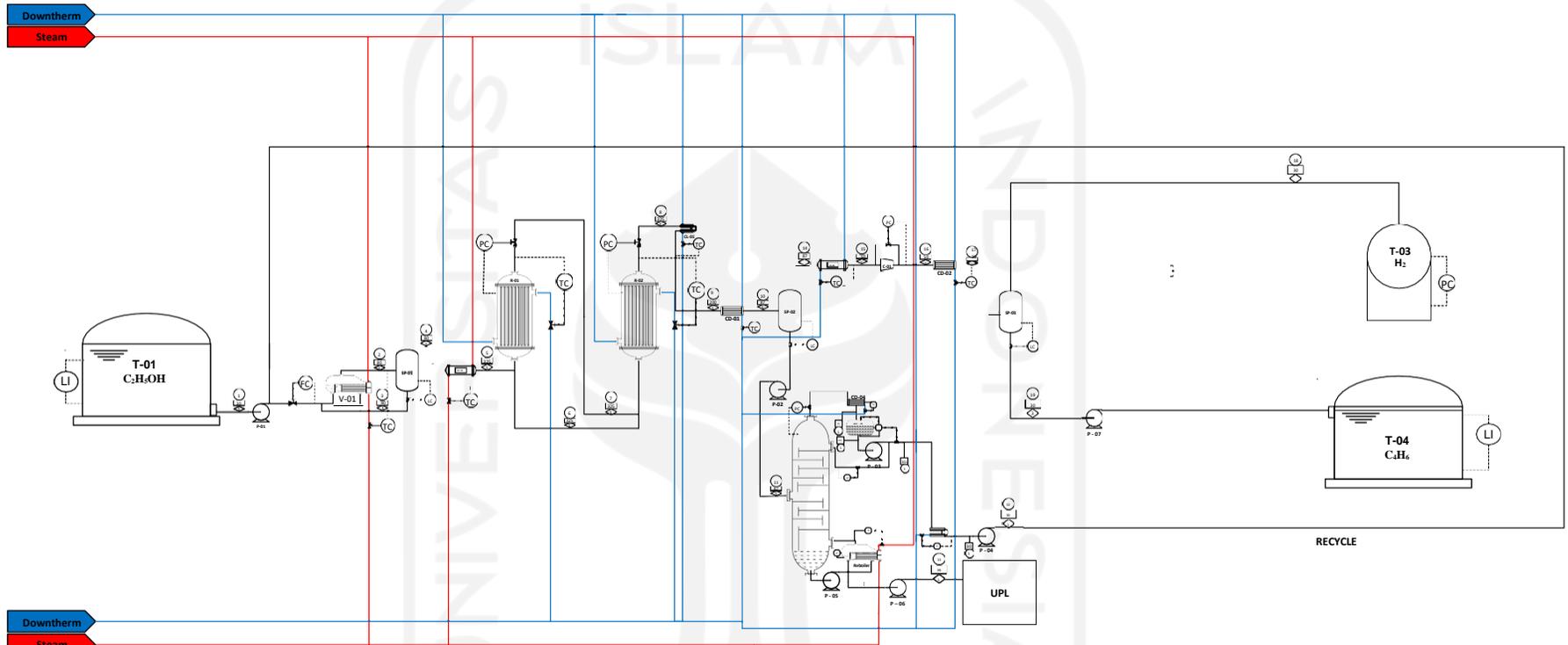
$$\text{Tinggi Ballast} = 2,5 \text{ in} \quad (\text{Wallas, Process Equipment Design, Hal.587})$$

$$\text{Tinggi Total} = Ls + (2 \cdot \text{Tinggi Ballast}) + (2 \cdot OA)$$

$$\text{Tinggi Total} = 10,397 \text{ m}$$



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENE DARI ETHANOL KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN



Komponen	Tipe Area (K _c -Dum)																				KODE	KETERANGAN	MATERIAL	REMARKS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
H ₂ O					628,99	628,99	628,99	628,99		628,99	628,99	628,99	628,99											
C ₂ H ₅ OH					64489,80	64489,80	64489,80	64489,80		64489,80	64489,80	64489,80	64489,80											
C ₄ H ₆					6340,93	6340,93	6340,93	6340,93		6340,93	6340,93	6340,93	6340,93											
H ₂					6912,06	6912,06	6912,06	6912,06		6912,06	6912,06	6912,06	6912,06											
Total	29185,41	29185,41	62166,84	62166,84	62166,84	62166,84	62166,84	62166,84	29185,41	29185,41	29185,41	29185,41	64489,80	64489,80	64489,80	64489,80	64489,80	64489,80	64489,80	64489,80				





KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Muhammad Fariz Azhar
No. MHS : 18521036

2. Nama Mahasiswa : Bima Anugerah Vyatra
No. MHS : 18521172

Judul Prarancangan *) : Prarancangan Pabrik 1,3 *Butadiene* dari etanol dengan kapasitas 34.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : **5 Juni 2022**
Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	25 Agustus 2022	Pembagian bimbingan dan penjelasan	
2.	9 September 2022	Presentasi alat besar (Reaktor)	
3.	10 September 2022	Revisi luarana	
4.	16 September 2022	Review PEFD	
5.	27 September 2022	Review PEFD	
6.	5 Oktober 2022	Pembahasan reaktor	
7.	8 Oktober 2022	Persetujuan luaran 1-13	
8.	18 Oktober 2022	Pengecekan Naskah	
9.			
10.			
11.			
12.			

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Pembimbing,



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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Muhammad Fariz Azhar
No. MHS : 18521036
2. Nama Mahasiswa : Bima Anugerah Vyatra
No. MHS : 18521172
- Judul Prarancangan *) : Pra Rancangan Pabrik 1,3 *Butadiene* dengan kapasitas 34.000 ton/tahun
- Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**
- Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	31 Desember 2021	Pendahuluan dan kapasitas	
2.	18 Maret 2022	Tinjauan proses	
3.	21 Maret 2022	Tinjauan termodinamika dan kinetika	 
4.	24 Maret 2022	Sifat bahan baku dan spesifikasi (MSDS)	 
5.	10 Juni 2022	Neraca massa	
6.	13 Juni 2022	Kemurnian bahan baku	
7.	29 Juni 2022	Alat transportasi (kecil)	
8.	17 Juli 2022	Bimbingan neraca massa dan DAP	
9.	25 Agustus 2022	Evaluasi alat besar	 
10.	31 Agustus 2022	Fiksiasi NM aktual	
11.	21 September 2022	Tata letak pabrik	 
12.	8 Oktober 2022	Utilitas dan ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 20 Oktober 2022

Pembimbing,



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.