

**PRARANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENA DARI DEHIDROGENASI BUTANA
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Reza Perdana

Nama : Seto Yusuf Nugroho

No. Mahasiswa : 14521146

No. Mahasiswa : 14521303

KONSENTRASI TEKNIK KIMIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2019

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PERANCANGAN PABRIK

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reza Perdana Nama : Seto Yusuf Nugroho
No. Mahasiswa : 14521146 No. Mahasiswa : 14521303

Yogyakarta, 10 September 2019

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

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



Reza Perdana
NIM. 14521146



Seto Yusuf Nugroho
NIM. 145211303

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENA DARI DEHIDROGENASI
BUTANA**

DENGAN KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

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

Oleh :

Nama : Reza perdana

Nama : Seto Yusuf Nugroho

No.Mahasiswa : 14521146

No.Mahasiswa : 14521303

Yogyakarta, 3 September 2019

Pembimbing,

Dr.Suharno Rusdi

Venitalitya Alethea Augustia, S.T., Meng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK 1,3 BUTADIENA DARI DEHIDROGENASI
BUTANA DENGAN KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Reza Perdana Nama : Seto Yusuf Nugroho
No.Mahasiswa: 14521146 No.Mahasiswa: 14521303

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, September 2019

Tim Penguji,
Suharno Rusdi,Ir.,Ph.D

Lucky wahyu N.S.,S.T.,M.Eng.

Ajeng Yulianti D.L.,S.T.,M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Tekonologi Industri
Universitas Islam Indonesia



(Dr.Suharno Rusdi)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil 'Alamin. Puji dan Syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam tak lupa kami haturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah menuju zaman terang benderang.

Tugas Akhir kami yang berjudul "Pra Rancangan Pabrik 1,3-Butadiena Dari Dehidrogenasi n-Butana kapasitas 125.000 Ton/Tahun" disusun sebagai penerapan teori Teknik Kimia yang kami pelajari selama di bangku perkuliahan dan sebagai salah satu syarat agar dapat mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT atas seluruh kebaikan-Nya yang tidak pernah putus selama proses penulisan Tugas Akhir ini. Selesainya Tugas Akhir ini adalah Rahmat dari-Nya.
2. Kedua Orang Tua kami atas do'a, kasih sayang, dan semangat serta *support* yang juga tidak pernah terputus.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
4. Bapak Dr Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia.
5. Bapak Dr Suharno Rusdi dan Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, ST., M.Eng. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan civitas akademik di lingkungan Fakultas Teknologi Industri.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2014.
8. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu selesainya Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir yang kami buat ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Besar harapan kami agar laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak maupun bagi kami selaku penyusun.

Yogyakarta, 9 September 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PERANCANGAN PABRIK.....	Error!
Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK.....	Error! Bookmark not defined.
<i>ABSTRACT</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik	Error! Bookmark not defined.
1.2.1 Kebutuhan Produk di Indonesia.....	Error! Bookmark not defined.
1.2.2 Kapasitas Komersial.....	Error! Bookmark not defined.
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
1.2.4 Jenis Proses Produksi <i>1-3 Butadiene</i>	Error! Bookmark not defined.
1.2.5 Tujuan Proses Houndry Secara Umum	Error! Bookmark not defined.

1.2. 6 Kegunaan <i>Butadiena</i>	Error! Bookmark not defined.
1.2. 7 Sifat Fisis dan Kimia Senyawa yang Terlibat	Error! Bookmark not defined.
defined.	
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
PERANCANGAN PRODUK	Error! Bookmark not defined.
2. 1 Spesifikasi Produk.....	Error! Bookmark not defined.
2. 2 Spesifikasi Bahan Baku.....	Error! Bookmark not defined.
2. 3 Spesifikasi Bahan Pembantu.....	Error! Bookmark not defined.
2. 4 Pengendalian Kualitas	Error! Bookmark not defined.
2.4. 1 Pengendalian Kualitas Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. 2 Pengendalian Kualitas Produk	Error! Bookmark not defined.
2.4. 3 Pengendalian Waktu Produksi	Error! Bookmark not defined.
BAB III	Error! Bookmark not defined.
PERANCANGAN PROSES	Error! Bookmark not defined.
3. 1 Uraian Proses	Error! Bookmark not defined.
3.1. 1 Tahap Penyiapan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
3.1. 2 Tahap Pembentukan Produk	Error! Bookmark not defined.
3.1. 3 Tahap Pemurnian Produk.....	Error! Bookmark not defined.
3.1. 4 Tahap Penyimpanan	Error! Bookmark not defined.
3. 2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk.....	Error! Bookmark not defined.

3.2. 1 Tangki Penyimpanan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2. 2 <i>Furnace</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2. 3 Reaktor	Error! Bookmark not defined.
3.2.4 Meanara distilasi	Error! Bookmark not defined.
3.2. 5 Kondenser	Error! Bookmark not defined.
3.2. 6 <i>Separator</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2. 7 <i>Reboiler</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2. 8 <i>Heat Exchanger</i>	Error! Bookmark not defined.
3. 3 Perancangan Produksi	Error! Bookmark not defined.
3.3. 1 Kapasitas Perancangan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3. 2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	Error! Bookmark not defined.
PERANCANGAN PABRIK.....	Error! Bookmark not defined.
4. 1 Lokasi Pabrik	Error! Bookmark not defined.
4.4. 1 Faktor Primer	Error! Bookmark not defined.
4.4. 2 Faktor Sekunder	Error! Bookmark not defined.
4. 2 Tata Letak Pabrik	Error! Bookmark not defined.
4. 3 Tata Letak Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
4. 4 Alir Proses dan Material.....	Error! Bookmark not defined.

4.4. 1 Neraca Massa Overall	Error! Bookmark not defined.
4.4. 2 Neraca Energi.....	Error! Bookmark not defined.
4.4. 3 Diagram Alir Kualitatif	Error! Bookmark not defined.
4.4. 4 Diagram Alir Kuantitatif	Error! Bookmark not defined.
4. 5 Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	Error! Bookmark not defined.
4. 6 Utilitas	Error! Bookmark not defined.
4.6. 1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.6. 2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.6. 3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.6. 4 Unit Penyediaan Udara Tekan	Error! Bookmark not defined.
4.6. 5 Unit Penyediaan Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
4.6. 6 kebutuhan Dowtherm	Error! Bookmark not defined.
4. 7 Manajemen Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
4.7. 1 Bentuk Organisasi Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
4.7. 2 Struktur Organisasi	Error! Bookmark not defined.
4.7. 3 Tugas dan Wewenang	Error! Bookmark not defined.
4.7.4 Sistem Gaji Karyawan.....	Error! Bookmark not defined.

4.7. 5 Sistem Kerja	Error! Bookmark not defined.
4.7. 6 Penggolongan Jabatan dan Keahlian.....	Error! Bookmark not defined.
4. 8 Evaluasi Ekonomi	Error! Bookmark not defined.
4.8.1 Harga Alat	Error! Bookmark not defined.
4.8.2 Dasar perhitungan	Error! Bookmark not defined.
4.8.3 Perhitungan Biaya	Error! Bookmark not defined.
4.8.4 Analisis Keuntungan	Error! Bookmark not defined.
4.8.5 Analisis Kelayakan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....	Error! Bookmark not defined.
PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
5. 1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5. 2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel 1 .1 Perkembangan Impor *1,3 Butadiene* di Indonesia **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 1 .2 Data Perkembangan Produksi *1,3 Butadiene* di Indonesia **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 1. 3 Data Perkembangan Ekspor *Butadiene* di Indonesia **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 1. 4 Data Pemakaian atau Konsumsi *Butadiene* di Indonesia..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 1. 5 Pabrik *butadiene* di dunia **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Dari Etanol dan Houndry Process **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 1. 7 Tabel Sifat Fisis dan Kimia Senyawa yang Terlibat **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3 .1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan *n-butana* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk samping Hidrogen..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Furnace* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Destilasi (MD-03) . **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 7 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-01) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 8 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-02) **Error! Bookmark not defined.**

Lanjutan Tabel 3. 9 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-02) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Separator* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3 .11 Spesifikasi *Reboiler* (RB-01) **Error! Bookmark not defined.**

Lanjutan Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler (RB-01) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01) .. **Error! Bookmark not defined.**

Lanjutan Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02) .. **Error! Bookmark not defined.**

Lanjutan Tabel 3. 16 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 17 Spesifikasi Heat exchanger (HE-03) ... **Error! Bookmark not defined.**

Lanjutan Tabel 3 .18 Spesifikasi Heat exchanger (HE-03) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3 .19 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04) .. **Error! Bookmark not defined.**

Lanjutan Tabel 3 .20 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1 Neraca Massa Overall**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Neraca Massa Tangki 01**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Neraca Massa Furnance**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 5 Neraca Massa kondensor parsial**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 6 Neraca Massa Tangki 02**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 7 Neraca Massa MD**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 8 Neraca Massa Tangki 03**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 9 Neraca Energi Furnance**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 10 Neraca Energi HE 01**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 11 Neraca Energi HE-02**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 12 Neraca Energi HE-03**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 13 Neraca Energi HE-04**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 14 Neraca Energi CD-01**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 15 Neraca Energi Reaktor**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 16 Neraca Energi MD-01**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 17 Neraca Energi CD-02**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 18 Neraca Energi Reboiler**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 19 Kebutuhan Listrik Utilitas**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 20 Sistem Gaji**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 21 Jadwal Pembagian <i>Shift</i>	Error! Bookmark not defined.
Lanjutan Tabel 4. 22 Jadwal Pembagian <i>Shift</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 23 Jabatan dan Keahlian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 24 Harga Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 25 Harga Alat Utilitas	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 26 <i>Physichal Plant Cost</i> (PPC)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 27 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 28 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 29 <i>Working Capital Investment</i> (WCI)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 30 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 31 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 32 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 33 <i>Total Manufacturing Cost</i> (FMC)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 34 <i>General Expense</i> (GE)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 35 <i>Total Production Cost</i> (TPC)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 36 <i>Annual Fixed Cost</i> (Fa)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 37 <i>Annual Variable Cost</i> (Va)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 38 <i>Annual Regulated Cost</i> (Ra)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 39 <i>Annual Sales Cost</i> (Sa)	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor *1,3 Butadiene***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 1. 2 Grafik Produksi *1,3 butadiene***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 1. 3 Grafik Ekspor *1,3 Butadiene***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 1. 4 Grafik Konsumsi 1,3 Butadiene**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4 .1 Lahan kosong untuk Lokasi Pabrik...**Error! Bookmark not defined.**

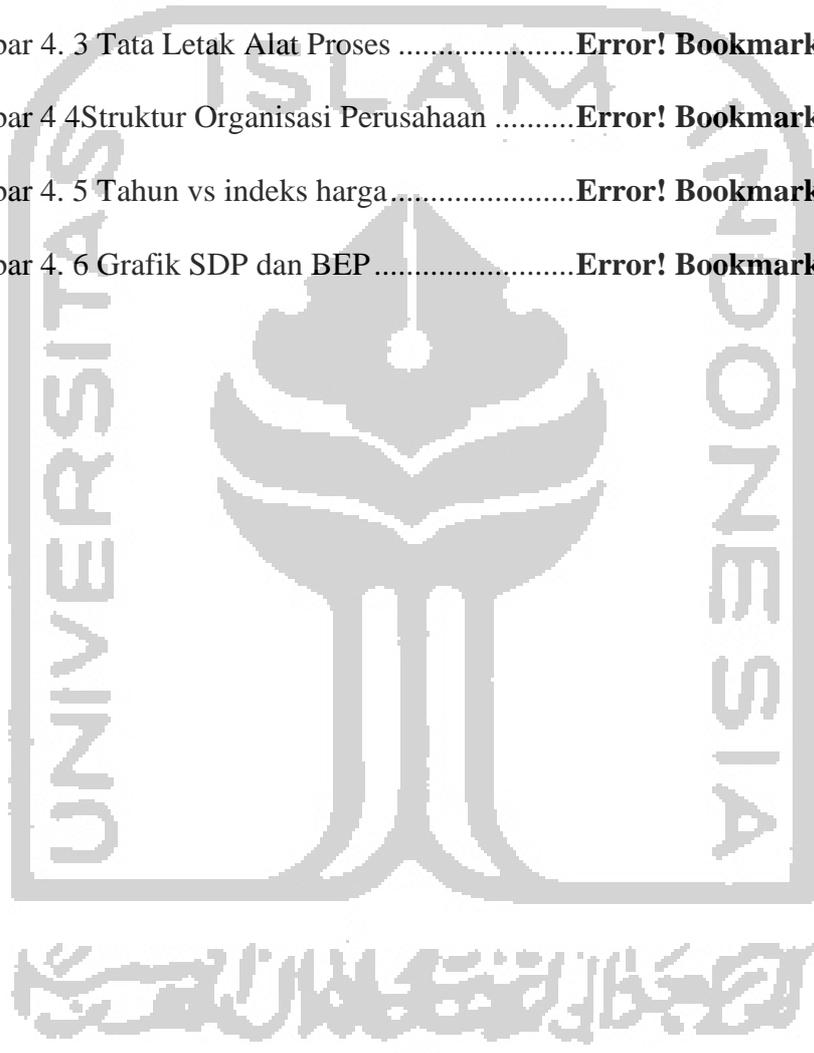
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik**Error! Bookmark not defined.**

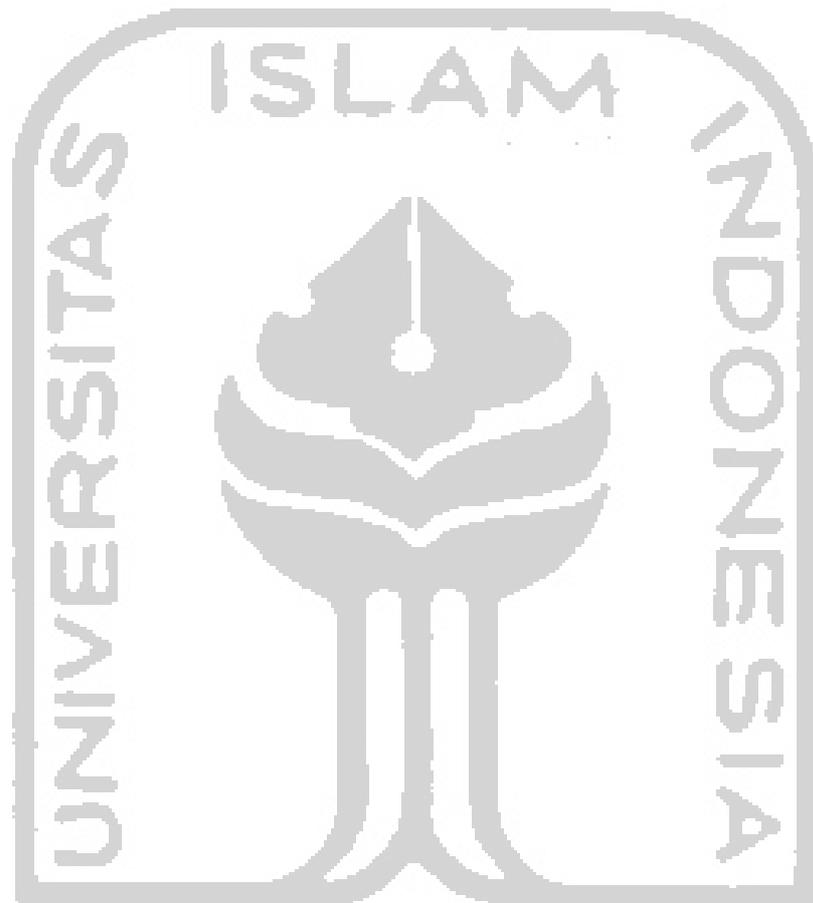
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4 4Struktur Organisasi Perusahaan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 Tahun vs indeks harga.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 Grafik SDP dan BEP.....**Error! Bookmark not defined.**





جامعة الإسلام في إندونيسيا

ABSTRAK

Pabrik *1,3-Butadiena* dirancang dengan kapasitas 125.000 ton/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan adalah *n-butana* dengan kemurnian 98% sebanyak 166.615 ton/tahun. Direncanakan pabrik ini akan didirikan di kawasan Bontang, Kalimantan Timur pada tahun 2025, dan beroperasi pada tahun 2027.

1,3-Butadiena dibuat dengan cara dehidrogenasi pada suhu 639°C - 650°C dan tekanan maksimum 15 atm di dalam suatu *fixed bed type single bed* dengan kondisi *non adiabatic non isothermal* dengan katalis *chromia alumina*. Reaksi yang terjadi bersifat endotermis, sehingga untuk mempertahankan suhu dialirkan *combustion gas* sebagai pemanas di dalam *shell*. Konversi *n-butana* sebesar 87%. Produk reaktor kemudian dimurnikan dalam kondenser parsial, sehingga diperoleh *1,3-Butadiena* dengan kemurnian 95%.

Unit pendukung proses terdiri atas unit pengadaan air sebesar 854.7628 ton/tahun, unit pengadaan *steam* sebanyak 166.613 ton/tahun, unit pengadaan udara tekan ($P = 4,00 \text{ atm}$, $T = 457,69 \text{ K}$) sebanyak 4357,45 m³/jam. Pabrik ini memiliki unit pengadaan listrik dengan daya 2712,48 kW.

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan struktur organisasi *line and staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari 68 orang karyawan *shift* dan 32 orang karyawan *non-shift*. Berdasarkan kriteria yang ada pabrik tergolong beresiko tinggi. Biaya produksi total sebesar Rp 1.275.787.143.220,78 per tahun. Keuntungan sebelum pajak tiap tahun Rp 275.373.121.818,69 dan sesudah pajak sebesar Rp 178.992.529.182,15. Hasil analisis ekonomi menunjukkan Return on Investment (ROI) setelah pajak 54%, Pay Out Time (POT) sesudah pajak 1,8 tahun, Break Event Point (BEP) pada 45,13% kapasitas terpasang dan Shut Down Point (SDP) pada 36,22% kapasitas terpasang, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) sebesar 12%. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, pabrik *1,3-Butadiena* dari dehidrogenasi *n-Butana* dirancang dengan kapasitas 125.000 ton/tahun ini menarik untuk dikaji lebih lanjut.

Kata-kata kunci : *1,3- Butadiena*, dehidrogenasi, *fixed bed type single bed*, *n-Butane*

ABSTRACT

1,3-Butadiene plant with annual capacity designed 125.000 tons. The required raw material is 166.615 tons/year n-butane with a purity of 98%-wt. This plant is planned to be established in Bontang, East Kalimantan in 2025, and will be operated in 2027.

1,3-Butadiene produced from dehydrogenation with operation temperature between 639°C - 650°C and maximum pressure 15 atm inside fixed bed type single bed containing chromia alumina catalyst with non-adiabatic non-isothermal condition. The reaction is endothermic, to maintain the temperature combustion gases are flowed as a heater inside shell. The conversion of n-butane is 87%. Purification of reactor product in partial condenser, so obtained 1,3-Butadiene with a purity of 99.6%.

Plant utilities consist of water supplier unit 854.7628 tons/year, steam supplier unit 166.613 tons/year, compressed air supplier unit ($P = 4,00$ bar, $T = 457,69$ K) 4357,45 m³/h. The products of power generation unit can fulfill all the operational needs of 2712,48 kW.

The company management is a Limited Liability Company (Perseroan Terbatas) with line and staff organizational structure. Employees work system based on the division of working hours consisting of shift 68 persons and non-shift 32 persons employees. Based on the criteria, the plant was considered high risk. The total production cost is as much as Rp 1.275.787.143.220,78 per year. The profit before annual tax was Rp 275.373.121.818,69 and the profit after tax was Rp 178.992.529.182,15. The results of the economic analysis showed that the Return on Investment (ROI) after tax was 54%, Pay Out Time (POT) after tax was 1,8 years, Break Event Point (BEP) at 45,13 % of installed capacity and Shut Down Point (SDP) was 36,22% of installed capacity, and Discounted Cash Flow Rate of Return was 12%. According to the results of the economic analysis, the styrene plant from ethylbenzene with a capacity of 125,000 tons per year was interesting to study further.

Keywords : 1,3-Butadiene, dehydrogenation, n-Butane, fixed bed type single bed

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pembangunan sektor industri di Indonesia tiap tahun mengalami perkembangan yang semakin pesat, khususnya pembangunan di subsektor industri kimia. Salah satu industri yang mempunyai prospek cukup menjanjikan dan mengalami peningkatan setiap tahunnya adalah industri karet sintetis. Penggunaan karet sintesis mulai menggeser karet alam karena karet sintesis lebih baik sifat fisisnya seperti lebih tahan cuaca, tahan asam, dan lebih kuat. Bahan baku karet sintesis adalah senyawa butadiena.

Senyawa 1,3-Butadiena dengan rumus molekul $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, senyawa ini mempunyai nama lain *buta-1,3-diene*, *biethylene*, *erythrene*, *divynil*, *vinilethylene*, sedangkan nama IUPAC dari senyawa ini adalah *1,3- Butadiene*. Pada kondisi lingkungan $P = 1 \text{ atm}$, $T = 30^\circ\text{C}$ senyawa 1,3- Butadiena adalah zat kimia berbentuk gas dengan sifat tidak berwarna, nonkorosif, mudah terbakar, dan reaktif.

Penggunaan terbesar butadiena adalah pada industri sintetik elastomer, *chloroprene*, polimer dan resin, serta industri adiponitril. Penggunaan karet sintesis yang paling banyak pada industri *styrene-butadiene rubber* (SBR) untuk industri ban mobil. Selain itu pada industri *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) untuk industri plastik.

Perencanaan pabrik kimia *1,3-butadiene* diharapkan dapat dilaksanakan di Indonesia dengan sumber daya alam yang tak terbatas dan bahan baku yang tersedia

dan diharapkan dengan kehadiran pabrik *1,3-butadiene* ini akan dapat memacu perekonomian, memperkecil ketergantungan terhadap impor *1,3-butadiene*, membuka lapangan kerja baru, dan memberikan devisa bagi negara.

1. 1 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Pabrik *1,3 Butadiene* dari dehidrogenasi *n-Butane* akan dibangun dengan kapasitas 125.000 ton/tahun untuk pembangunan pabrik di tahun 2025. Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan, antara lain :

1.2. 1 Kebutuhan Produk di Indonesia

a. Supply

- Impor

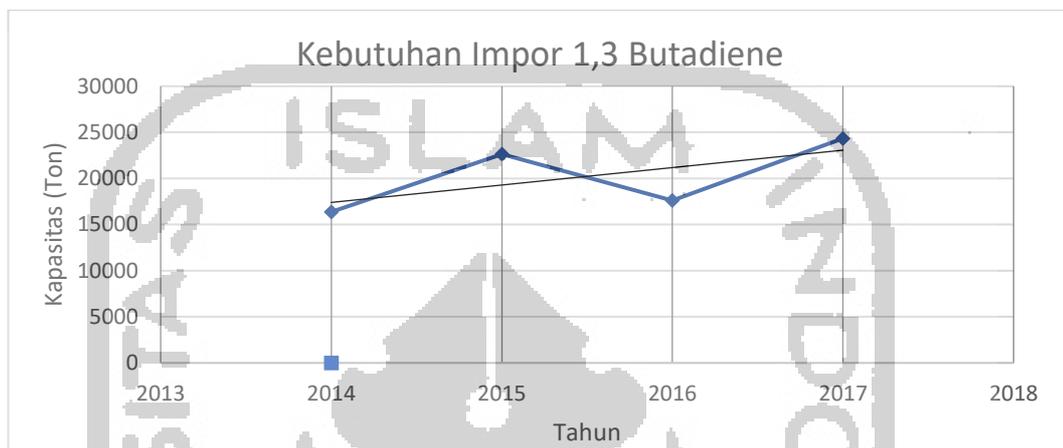
Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) dan trademap.org tentang kebutuhan impor *1,3 butadiene* di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data impor akan *1,3 butadiene* di Indonesia pada tahun 2014 sampai tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1 .1 Perkembangan Impor *1,3 Butadiene* di Indonesia

Tahun	Ton/Tahun
2014	16374
2015	22612
2016	17608
2017	24337

Sumber: (Badan Pusat Statistik & trademap.org, November 2018)

Dari data impor diatas dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor data impor dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1Grafik Impor 1,3 Butadiene

Perkiraan impor 1,3 butadiene di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 1.888,5x - 3.786.039$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor 1,3 butadiene.

Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan impor 1,3 butadiene di Indonesia sebesar :

$$y = 1.888,5x - 3.786.039$$

$$y = 38.174 \text{ ton/tahun}$$

- Produksi

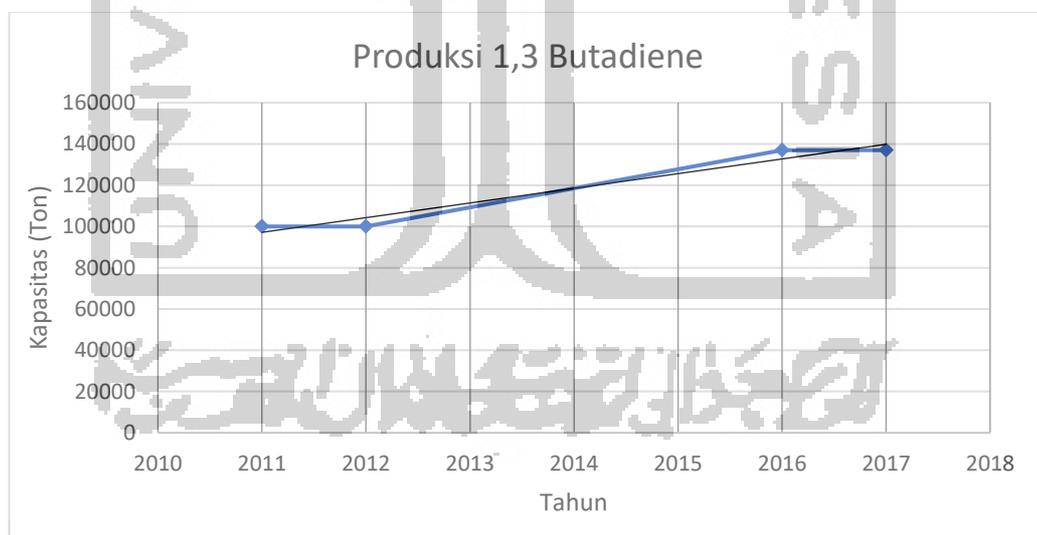
Produksi 1,3 butadiene dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung stabil. Perkembangan data produksi 1,3 butadiene di Indonesia pada tahun 2011, 2012, 2016, dan 2017 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Perkembangan Produksi 1,3 Butadiene di Indonesia

Tahun	Ton/Tahun
2011	100000
2012	100000
2016	137000
2017	137000

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2018)

Dari data produksi 1,3 butadiene diatas dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Grafik Produksi 1,3 butadiene

Perkiraan produksi 1,3 butadiene di Indonesia pada tahun yang akan datang dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 7115,4x - 14.211.885$ dimana x

sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi *butadiene*. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan produksi *butadiene* di Indonesia sebesar :

$$y = 7115,4x - 14.211.885$$

$$y = 196.769 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data impor dan produksi *butadiene* di Indonesia pada tahun 2025 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply butadiene* di Indonesia, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= (38.174 + 196.769) \text{ ton/tahun} \\ &= 234.943 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

b. Demand

- Ekspor

Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor *butadiene* di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi akan *1,3 butadiene* di Indonesia pada tahun 2014 sampai tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

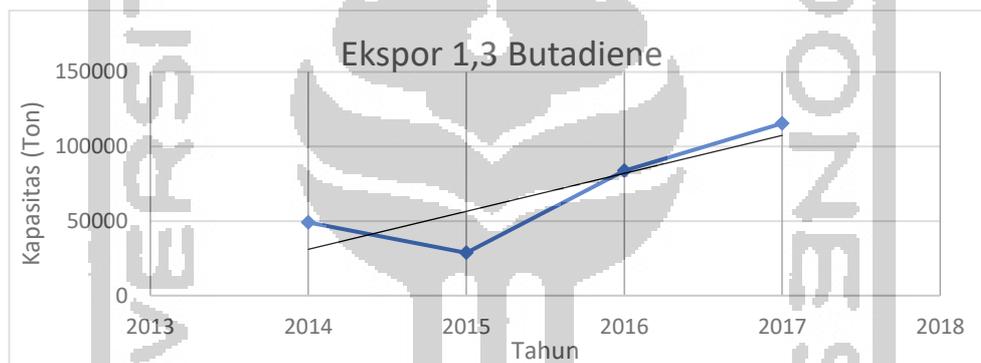
Tabel 1. 3 Data Perkembangan Ekspor *Butadiene* di Indonesia

Tahun	Ton/Tahun
-------	-----------

2014	48992
2015	28677
2016	83810
2017	115539

Sumber: (Badan Pusat Statistik & trademap.org, 26 November 2018)

Dari data ekspor *butadiene* diatas dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1. 3 Grafik Ekspor 1,3 Butadiene

Perkiraan ekspor *butadiene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 25.477x - 51.280.445$ dimana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi *butadiene*. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan ekspor *butadiene* di Indonesia sebesar:

$$y = 25.477x - 51.280.445$$

$$y = 311.890 \text{ ton/tahun}$$

- Konsumsi Dalam Negeri

Konsumsi *butadiene* dalam negeri menurut Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat.

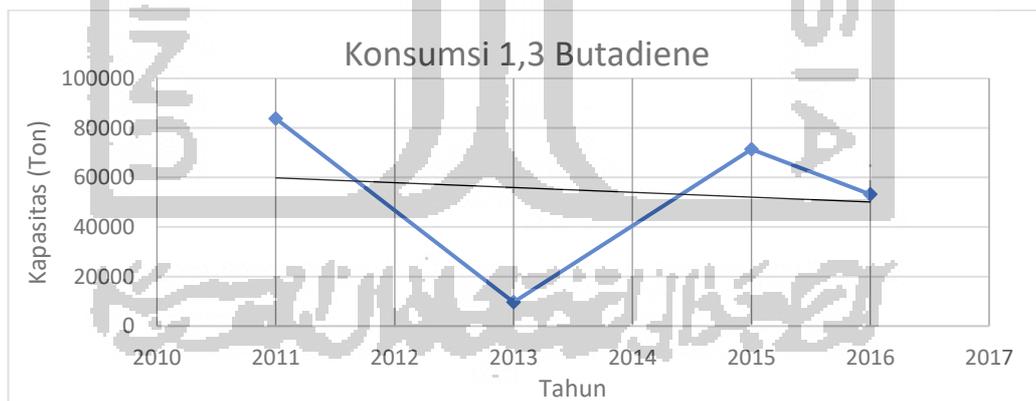
Data konsumsi atau pemakaian akan *butadiene* di Indonesia pada tahun 2011, 2013, 2015, dan 2016 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Data Pemakaian atau Konsumsi *Butadiene* di Indonesia

Tahun	Ton/Tahun
2011	83761
2013	9641
2015	71323
2016	53190

Sumber: (BPS, Desember 2017)

Dari data konsumsi *butadiene* diatas dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar 1.4.



Gambar 1. 4 Grafik Konsumsi *1,3 Butadiene*

Perkiraan konsumsi *butadiene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 3.978.527x - 1949$ dimana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi *butadiene*. Dengan persamaan di atas

diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan konsumsi *butadiene* di Indonesia sebesar

:

$$y = 3.978.527x - 1949$$

$$y = 26.710 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi *butadiene* di Indonesia pada tahun 2025 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *demand* (Permintaan) dari *butadiene* di Indonesia, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (387.722 + 26.711) \text{ ton/tahun} \\ &= 414.433 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi pada tahun 2025. Maka, peluang pasar untuk *butadiene* dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\ &= (26.711 + 387.722) - (196.769 + 38.174) \\ &= 179.490 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas pabrik *butadiene* yang akan didirikan diambil 70 % dari peluang sebesar : $70 \% \times 179.490 = 125.643 \text{ ton/tahun}$

Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik *butadiene* ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 125.000 ton/tahun, sesuai data pada Tabel 1.5 kapasitas tersebut telah memenuhi kapasitas ekonomis.

1.2. 2 Kapasitas Komersial

Untuk menentukan kapasitas perancangan juga diperlukan data berupa kapasitas pabrik yang telah didirikan, data yang diperoleh pada tahun 2008 dari CMAI terdiri dari kapasitas pabrik yang telah dibangun di dunia. Data disajikan pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5Pabrik *butadiene* di dunia

Nama produsen	Negara	Kapasitas(ton/tahun)
<i>Shell Chemical LP</i>	Amerika	145.000
<i>Shell Nederland Chemie BV</i>	Belanda	115.000
<i>Amoco Chemicals Company</i>	Amerika	91.000
<i>Occidental Petrochemicals</i>	Amerika	50.000
<i>Exxon Chemicals Company</i>	Amerika	156.700
<i>Plaimex Chemicals Company</i>	Plox, Polandia	60.000
<i>ANIC</i>	Revana, Italia	50.000
<i>Palysar Chemicals Company</i>	Canada	100.000

Dari tabel, maka diperoleh kapasitas pabrik *1-3 butadiene* terkecil yang pernah dibangun adalah *Occidental Petrochemicals* yang berlokasi di Amerika dan *ANIC* yang berlokasi di Revan, Italia dengan kapasitas 50.000 ton/tahun, sedangkan pabrik terbesar yang pernah dibangun adalah *Exxon Chemicals Company* yang berlokasi di Amerika dengan kapasitas 156.700 ton/tahun.

1.2. 3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan butadiena adalah butana. Butana dapat dipasok dari PT Badak NGL Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi yang mampu menghasilkan 22,5 Mtpa (juta metrik ton per tahun). Dari

kedua hal tersebut di atas, maka dalam perencanaan pabrik butadiena ini dipilih kapasitas 125.000 ton/tahun dengan pertimbangan:

1. Dapat me negeri dan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri.
2. Dapat memacu perkembangan industri dengan bahan baku butadiena di Indonesia.

1.2. 4 Jenis Proses Produksi 1-3 Butadiene

Dalam pembuatan 1,3-butadiena ada beberapa macam proses diantaranya:

1. Proses Houdry

Pembuatan butadiena dengan proses Houdry merupakan proses dehidrogenasi butana yang dijalankan pada reaktor *fixed bed single bed* dengan tekanan 15 atm dan suhu 500-600 °C. Katalisator yang digunakan adalah katalis alumina chromia. Bahan baku n-butana dari umpan segar dan arus *recycle* dipanaskan dengan *preheater* sampai suhu 600°C, kemudian direaksikan pada reaktor berkatalis. Dari reaktor ini menghasilkan butadiena, butena, dan hidrogen. Hasil reaksi dehidrogenasi didinginkan dalam *heat exchanger* kemudian dimurnikan di unit pemurnian berupa menara destilasi. Konversi yang dicapai dengan proses ini adalah 90-95 %, dengan yield 60-65 wt%. (Othmer,1964)

Reaksi utama :



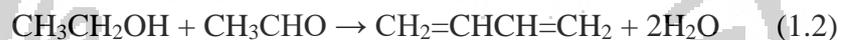
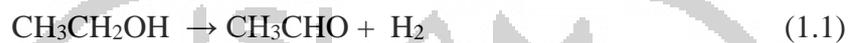
(Faith, 1950)

2. Dari etanol

Pembuatan butadiena dari etanol melalui 2 tahap proses, yaitu :

- a) Dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehid
- b) Reaksi antara etanol yang tidak bereaksi dengan asetaldehid.

Reaksi yang terjadi berturut-turut adalah sebagai berikut:



Umpan etanol dengan konsentrasi 92-95 % berat masuk vaporizer untuk mendapatkan uap etanol, kemudian masuk reaktor 1 dengan katalis copper dimana terjadi reaksi dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehid. Yield reaksi dehidrogenasi sebesar 92 %. Asetaldehid yang dihasilkan direaksikan dengan etanol *excess* dari reaksi 1. Rasio etanol dan asetaldehid masuk reaktor 2 adalah 3 : 1. Reaktor 2 menggunakan tantala-silika sebagai katalis dengan 2 % tantalum pentoxide dalam silica gel.

Reaktor beroperasi pada tekanan atmosferis dan temperatur 325-350°C. total yield adalah 28-30 %. Pemurnian produk butadiena dengan distilasi.

Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Dari Etanol dan *Houndry Process*

Parameter	Produksi dari etanol	Houndry Process
Suhu reaksi	325-450°C	500-600°C
Tekanan	1,3-4,5 atm	15 atm
Hasil konversi	80-90%	90-95%

Katalis yang digunakan	SiO ₂ dan Ta ₂ O ₃	Chromia Alumina
Kebutuhan bahan pembantu	Katalis	Katalis
Keuntungan	Suhu reaksi lebih rendah	Hasil konversi lebih tinggi, tekanan lebih rendah, menggunakan 1 katalis
Kekurangan	Tekanan pada proses lebih tinggi, hasil konversi lebih rendah, membutuhkan 2 bahan katalis	Suhu raksi lebih tinggi

1.2. 5 Tujuan Proses Houndry Secara Umum

Dehidrogenasi adalah salah satu reaksi yang penting dalam industri kimia meskipun penggunaannya relatif sedikit bila dibandingkan dengan proses hidrogenasi. Reaksi dehidrogenasi adalah reaksi yang menghasilkan komponen yang berkurang kejenuhannya dengan cara mengeliminasi atom hidrogen dari suatu

senyawa menghasilkan suatu senyawa yang lebih reaktif. Pada prinsipnya semua senyawa yang mengandung atom hidrogen dapat dihidrogenasi, tetapi umumnya yang dibicarakan adalah senyawa yang mengandung carbon seperti hidrokarbon dan alkohol.

Proses dehidrogenasi kebanyakan berlangsung secara endotermis yaitu membutuhkan panas. Dehidrogenasi adalah reaksi yang bersifat endotermis yaitu membutuhkan panas untuk terjadinya reaksi dan suhu yang tinggi diperlukan untuk mencapai konversi yang tinggi pula.

Proses pembuatan 1,3-butadiena dengan proses Houdry merupakan reaksi dehidrogenasi katalitik butana.

Reaksi yang terjadi berturut-turut adalah sebagai berikut:



Reaksi dijalankan pada reaktor *fixed bed single bed* dengan menggunakan katalis Chromina Alumina. Kondisi operasi pada suhu 500-600°C dan tekanan 15 atm. Konversi yang dapat dicapai pada reaksi 1 adalah 90 %, sedangkan konversi reaksi 2 adalah 95 %.

1.2. 5 Kegunaan *Butadiena*

Butadiena digunakan sebagai bahan *intermediet* atau setengah jadi dari industri karet sintesis seperti *styrene butadiene rubber* (SBR), *polybutadiene*, *polychloroprene* (neoprene), dan *nitrile rubber*. Selain itu digunakan juga pada

industri polimer dan resin seperti *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *styrene butadiene copolymer* (latex). Serta digunakan pada industri adiponitril.

(Othmer, 1964)

Selain itu kegunaan pada industri plastik adalah sebagai berikut:

- untuk menambah fleksibilitas dari plastic
- sebagai bahan sintesis sulfolanil eter yang digunakan sebagai aditif cairan hidrolisis pada industry plastik dimana butadienasulfone atau 3- sulfolen.
- Sebagai bahan baku untuk membuat bahan kimia lain yang digunakan dalam memproduksi industri 4-vinylcyclohexene melalui reaksi dimerisasi dan cyclododecatriene melalui reaksi trimerization.
- untuk sintesis Sikloalkana dan cycloalkenes.
- sebagai monomer dalam pembuatan karet sintesis, terutama Akrlonitril butadiene stirena dan polybutadiene.

Pada obat-obatan :

- Turunannya juga digunakan untuk pembuatan kosmetik (Kirk and Othmer, 1978).

1.2. 6 Sifat Fisis dan Kimia Senyawa yang Terlibat

Tabel 1. 7Tabel Sifat Fisis dan Kimia Senyawa yang Terlibat

Karakteristik	Bahan baku	Produk	Produk Samping

	<i>n-Butane</i>	<i>Butene</i>	<i>1,3-Butadiene</i>	<i>Hydrogen</i>
Wujud	Gas	Gas	Gas	Gas
Bau	Khas aromatis	Khas aromatis	Khas aromatis	Khas aromatis
Berat molekul	58 gram / mol	56 gram / mol	54 gram / mol	2 gram / mol
Densitas pada 25°C	0.573 gram / mL	0,589 gram / mL	0,616 gram / mL	0,0899 gram / mL
Titik beku	-38,4	-185,35	-108,902	-259,14
Titik didih pada 1 atm	-0,5	-6,25	-4,411	-252,87
Kelarutan dalam air pada 25°C	61.2 mg/L	221 mg/L	0.735 mg/mL	1.62 mg/L
<i>Flash point</i> (°C)	-60	-79	-76	

BAB II
PERANCANGAN PRODUK

2. 1 Spesifikasi Produk

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

Karakteristik	Produk	Produk Samping
		<i>1,3-Butadiene</i>
Wujud	Gas	Gas
Bau	Khas aromatis	Khas aromatis
Komposisi (<i>Butane</i>)	-	Maksimal 0,2% berat
Komposisi (<i>1,3-Butadiene</i>)	Minimal 95% berat	-
Komposisi (<i>Hydrogen</i>)	-	Minimal 99,95% berat

2. 2 Spesifikasi Bahan Baku

Butana (PT.Badak NGL, Bontang Kalimantan Timur, 2010)

Wujud = Gas

Bau = Khas aromatis

Komposisi :

n-Butane = Minimal 98 % berat

i-Butane = Minimal 2 % berat

Rumus molekul = C_4H_{10}

Berat molekul	=	58,124 gr/gr mol
Fase	=	gas pada P=1 atm, T=30 °C
Specific Gravity pada 20 °C	=	0,5788
Temperatur kritis	=	152 °C
Tekanan Kritis	=	550,07 psia
Volume Kritis	=	0,0702 ft ³ /lb
Panas Pembakaran	=	21,12 Btu/lb (pada 77 °F)
Panas laten (pada 25 °C)	=	86,63 Kal/g
Panas spesifik	=	0,549 kal/g °C

2. 3 Spesifikasi Bahan Pembantu

Spesifikasi Katalis (Riogeninc, Inc, 2017)

Jenis Katalis	=	<i>Chromia Alumina</i>
Bentuk	=	Pelet silinder
Fase	=	Padat
<i>Bulk density</i>	=	0,5509 g/cm ³
Viskositas	=	0,81 cP
Komposisi	=	80 % Al ₂ O ₃ , 20 % Cr ₂ O ₃
<i>Specific gravity</i>	=	0,825

2. 4 Pengendalian Kualitas

2.4. 1 Pengendalian Kualitas Bahan

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil *monitoring* atau analisis pada bagian laboratorium pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*quality control*) pada pabrik *1,3 butadiene* ini meliputi:

1. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

2. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi *1,3 butadiene*.

3. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain).

Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk terutama *1,3 butadiene* pada saat akan dipindahkan ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* ke mobil truk dan ke kapal.

2.4. 2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Pengendalian dilakukan setiap tahapan proses mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengendalian ini meliputi pengawasan terhadap mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan dengan analisis bahan di laboratorium maupun penggunaan alat kontrol.

Pengendalian dan pengawasan terhadap proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dengan fitur otomatis yang menjaga semua proses berjalan dengan baik dan kualitas produk dapat diseragamkan. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, *control* terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu.

Alat control yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

a. *Level Controller*

Level Controller merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki berfungsi sebagai pengendalian volume cairan tangki / *vessel*.

b. *Flow Rate Controller*

Flow Rate Controller merupakan alat yang dipasang untuk mengatur aliran, baik itu aliran masuk maupun aliran keluar proses.

c. *Temperature Controller*

Alat ini mempunyai *set point* / batasan nilai suhu yang dapat diatur. Ketika nilai suhu actual yang diukur melebihi *set point*-nya maka outputnya akan bekerja.

2.4. 3 Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu dibutuhkan agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan.



BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku selalu dipertimbangkan dalam suatu pabrik, karena kondisi operasi yang diinginkan tidak begitu saja tercapai sehingga bahan baku perlu dikondisikan sedemikian rupa sehingga reaksi bisa berjalan dengan baik. Tahap penyiapan bahan baku bertujuan untuk menyesuaikan suhu dan tekanan *n-Butana* agar sesuai dengan suhu dan tekanan reaksi.

Bahan baku *n-BUTANA* disimpan di dalam tangki penyimpan (T-01) pada suhu 30 °C dan tekanan 15atm. *N-Butana* dari tangki penyimpan dialirkan ke *Heater* (HE-01) yang kemudian untuk menaikkan suhu ke 120 °C dengan menggunakan aliran Hot Downtherm dari keluar (HE-02) sebelum bahan baku dimasukkan ke *Furnace* (F-01) untuk memperoleh bahan baku yang siap untuk direaksikan di reaktor dengan suhu keluar *Furnace* (F-01) mencapai 627 °C sebelum di umpankan ke reaktor bahan baku dialirkan ke *Expansion valve* (EV - 01) agar tekanan menjadi 15 atm.

3.1.2 Tahap Pembentukan Produk

Bahan baku *n- Butana* yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya diumpankan ke reaktor. Reaksi terjadi di dalam reaktor pada suhu 627 °C dan tekanan 15 atm dan dijalankan di dalam sebuah *Reactor Fix Bed Single Bed Non isothermal-non adiabatis* (R-01) Pemanas berupa steam yang

berfungsi untuk menjaga suhu reaktor berada pada 627 °C. Produk keluar dari reaktor berada pada suhu 695 °C dengan tekanan 15 atm.

3.1. 3 Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan *Butadiena* dari campuran gas yang terbentuk akibat reaksi yang terjadi di reaktor . Campuran gas produk keluar reaktor diturunkan suhunya melalui *Heat Exchanger* pertama (HE-02) sehingga suhu menjadi 200 °C kemudian selanjutnya Gas hasil *reactor* masuk ke dalam *Kondesnsor parsial* untuk mengkondensasikan sebagian produk lalu produk tersebut terpisah pada *separator* yang memisahkan produk atas berupa *hydrogen* yang merupakan produk samping dan produk bawah *1,3 butadiena* yang merupakan produk utama. Selanjutnya hasil atas berupa produk samping *hydrogen* di masukan ke tangki penyimpanan (T-02) dan hasil bawah yang berupa produk utama *1,3 butadiena*, campuran produk pada keadaan bubble point (cair jenuh) tersebut di umpankan ke dalam *Menara distilasi* (MD-01) dengan suhu 97,36 °c .Hasil bawah dari *Menara distilasi* (MD-01) yang masuk ke dalam *Reboiler* (RB-01) akan di kembalikan ke *Menara distilasi* sebagai refluk dan sebagian lagi di proses lanjut ke unit WWTF. Hasil atas *Menara distilasi* (MD-01) yaitu campuran n- butana, i- butana, butena dan 1,3 Butadiena di embunkan pada kondensor parsial (CD- 02) dengan suhu 94 °c selanjutnya ditampung dalam akumulator (ACC-01) pada suhu 94 °c sebagian embunan akan dikembalikan ke *Menara distilasi* (MD-01) sebagai refluk dan sebagian lagi di ambil sebagai produk. Produk atas yang di ambil sebagai produk di dinginkan dahulu pada (HE-04) untuk

menurunkan suhu menjadi 30 °c sebelum masuk ke tangki penyimpanan produk (T-03) dengan kemurnian 97,51 %..

3.1. 4 Tahap Penyimpanan

Produk utama berupa *Butadiena* keluaran Menara Distilasi (MD-01) kemudian dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Butadiena* (T-03). Produk samping berupa *hidrogen* keluaran separator dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Hidrogen* (T-02).

Penyimpanan. Semua produk berada pada suhu 30 °C dan tekanan 15 atm.



3. 2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.2. 1 Tangki Penyimpanan Bahan

Tabel 3 .1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan *n-butana*

T-01	
Fungsi	Menyimpan bahan baku Butana
Jenis	Spherical Tank
Fasa	Gas
Jumlah	3 unit kapasitas penyimpanan 3 hari
Kondisi Operasi	Tekanan : 15 atm Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 610.076 m ³ Bahan : <i>carbon steel SA 283 Grade c</i> ID : 31,75 m OD : 32 m Diameter : 32,10 m Tebal Dinding : 10,00 in

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk samping Hidrogen

T-02	
Fungsi	Menyimpan produk samping gas Hidrogen
Jenis	Spherical Tank
Fasa	gas
Jumlah	3 unit kapasitas penyimpanan 1 hari

Lanjutan Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk samping Hidrogen

Kondisi	Tekanan : 15 atm
Operasi	Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 28.934,82 m ³
	Bahan : <i>carbon steel SA 283 Grade c</i>
	ID : 37,83 m
	OD : 38,10 m
	Diameter : 38,10 m
	Tebal Dinding : 10,50 in

Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk

T-03	
Fungsi	Menyimpan produk 1,3 - Butadiena
Jenis	Spherical Tank , <i>ellipsoidal head</i>
Fasa	gas
Jumlah	5 unit kapasitas penyimpanan 5 hari
Kondisi	Tekanan : 15 atm
Operasi	Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 13.767 m ³
	Bahan : <i>carbon steel SA 283 Grade c</i>
	ID : 29,49 m
	OD : 29,74 m
	Diameter : 29,74 m
	Tebal Dinding : 10,00 in

3.2. 2 Furnace

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Furnace*

FURNACE (F-01)	
Fungsi	Menaikkan temperatur reaktan dari 312 °K 923 °K sebelum masuk R – 01 melalui pembakaran Flue gas pada suhu 1209°F (653 °C)
Jenis	<i>Furnance box type</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	Kontinyu
Spesifikasi	Beban <i>Furnace</i> : 3.434.444,2 Btu/jam Panjang : 20 ft Lebar : 40 ft Tinggi : 20 ft Jumlah tube shield. : 6 shield Spacing : 20 in OD Tube : 3,5 in Bahan Konstruksi : <i>Carbon Steel</i>

3.2. 3 Reaktor

Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor

REAKTOR (R-01)	
Fungsi	Sebagai tempat terjadinya hidrogenasi <i>ethylbenzene</i> menjadi <i>styrene</i> monomer
Jenis	<i>Fix bed model single bed</i>
Jumlah	1 Buah
Kondisi Operasi	Tekanan : 15 atm Suhu Operasi : 625°C Suhu pendingin masuk : 627°C Suhu pendingin keluar : 695 °C
Spesifikasi Katalis	Jumlah : 4872 Kg Tinggi bed : 3,1 m Bahan. : Alumina Chromina Fase : Padatan Porositas : 0,8 Wujud. : pellet Ukuran : 0,32 cm Densitas : 889 Kg/m ³
Spesifikasi <i>Head</i>	Bentuk : <i>Elliptical</i> Tinggi : 60,83 in

3.2.4 Menara distilasi

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Destilasi (MD-03)

MENARA DISTILASI-03 (MD-03)		
Fungsi	Memisahkan hasil yang keuar dari separator sebanyak 19824,8 Kg /Jam dan hasil bawah 3959,8 Kg/Jam	
Tipe	<i>Tray Column</i>	
Jumlah	1 buah	
Operasi	Kontinyu	
	<i>Top</i>	<i>Bottom</i>
Tekanan	15 atm	15 atm
Temperatur	94 °C	123 °C
Umpan Masuk	Stage ke- 7	
Total Plate	26 <i>plate</i>	
Hole size	5 mm	
Hole pitch	13 mm	
<i>Plate Spacing</i>	0,8 m	
Plate Thicknes	5 mm	
Plate pressure drop	0,7247 <i>psi</i>	
Tebal <i>Head</i>	15,875 mm	15,875 mm
Material	<i>Stainless steel</i>	
<i>Downcomer Area</i>	0,1846 m ²	

Lanjutan Tabel 3.6 Spesial Menara Distilasi

<i>Active Area</i>	0,6564	
<i>Hole Area</i>	0,0656 m ²	
Tinggi <i>Weir</i>	50 mm	
Panjang <i>Weir</i>	0,9601 m	
Tebal Pelat	5 mm	
<i>Pressure Drop Per plate</i>	130,8013 mm liquid	
Tipe Aliran Cairan	<i>Single Pass</i>	<i>Single Pass</i>
Desain % <i>Flooding</i>	80 %	80 %
Jumlah <i>Hole</i>	510 buah	93 buah

3.2. 5 Kondenser

Tabel 3. 7 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-01)

KONDENSOR-01 (CD-01)	
Fungsi	Mengondensasikan sebagian Gas hasil keluaran Reaktor
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 200 °C Fluida dingin: 25 °C

Lanjutan Tabel 3.7 Spesifikasi kondensor parsial (CD-01)

<i>Shell side</i>	Kapasitas : 22545 kg/jam Fluida : gas hasil reaktor ID : 29 in <i>Baffle space</i> : 4 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi
<i>Tube side</i>	Kapasitas : 164841,4238 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 16 ft Jumlah : 6 OD : 10 in BWG : 8 Pitch : $\frac{15}{16}$ in <i>triangular pitch</i> <i>Pressure drop</i> : 0,2348 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0093 jam ft ² F/Btu
Uc	120,06
Ud	56,80
A	2173 ft ²

Tabel 3. 8 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-02)

KONDENSOR-01 (CD-02)	
Fungsi	Mengondensasikan sebagian Gas hasil atas Menara distilasi
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 95°C Fluida dingin: 30 °C
<i>Shell side</i>	Kapasitas : 8239 kg/jam Fluida : gas hasil MD ID : 39 in <i>Baffle space</i> : 9 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi
<i>Tube side</i>	Kapasitas : 532541,6692 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 22 ft Jumlah : 61 OD : 0,75 in BWG : 10 Pitch : 15/16 in triangular pitch <i>Pressure drop</i> : 0,9091psi
<i>Dirt factor</i>	0,0032 jam ft ² F/Btu
<i>Uc</i>	70.09

Lanjutan Tabel 3. 9 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-02)

<i>Ud</i>	57,26
<i>A</i>	5947 ft ²

3.2. 6 Separator

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Separator*

SEPARATOR (SEP-01)	
Fungsi	Memisahkan campuran produk yang berwujud gas dengan campuran produk yang berwujud cairan yang berasal dari kondensor parsial.
Tipe	Silinder Vertikal Tank dengan <i>Head torispherical dished</i>
Kondisi Operasi	Tekanan Operasi : 15 atm Suhu Operasi : 97,36 °C
Spesifikasi	Diameter Silinder : 0,9 m Panjang Silinder : 9,3 m Tebal Dinding Silinder : 12,7 mm

3.2. 7 Reboiler

Tabel 3 .11 Spesifikasi *Reboiler* (RB-01)

REBOILER-01 (RB-01)	
Fungsi	Menguapkan kembali produk <i>bottom</i> MD-01
Tipe	<i>Shell and tube</i>

Lanjutan Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler (RB-01)

Kondisi Operasi	Fluida panas : 640 °C Fluida dingin : 122,62 °C
Shell side	Kapasitas : 4327 kg/jam Fluida : Steam ID : 15,25 in Baffle space : 5,25 in Passes : 2 Pressure drop : 0,0000 psi
Tube side	Kapasitas : 3592,2807 kg/jam Fluida : Hasil bawah MD Panjang : 10 ft OD : 0,75in BWG : 10 Pitch : $\frac{5}{16}$ in triangular pitch Pressure drop : 0,0381 psi
Dirt factor	0,0720 jam ft ² F/Btu
Uc	115,78
Ud	102,98
A	381 ft2

3.2. 8 Heat Exchanger

3.2.8. 1 Heat Exchanger

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

HEAT EXCHANGER-01 (HE-01)	
Fungsi	Menaikan suhu gas n-butana sebelum masuk Furnance
Tipe	<i>Double pipe</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 600°C - 550 °C Fluida dingin : 30°C – 120 °C Jumlah Hairpin :
Inner pipe	Kapasitas : 19084,4464 kg/jam Fluida : umpan masuk furnance (n-butana) ID : 3,068 in <i>Pressure drop</i> : 0,5193 psi

Lanjutan Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

<i>Annulus</i>	Kapasitas : 15948 kg/jam Fluida : superheated steam Panjang : 240 ft OD : 8,625 in Pressure drop : 3,4047 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0037 jam ft ² F/Btu
<i>Uc</i>	20,7825
<i>Ud</i>	19,3103
<i>A</i>	42 ft ²

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02)

<i>HEAT EXCHANGER-02 (HE-02)</i>	
Fungsi	Menurunkan suhu gas keluaran Reaktor dengana Dowtherm A
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 695- 200 °C Downtherm A : 30C - 140 °C

Lanjutan Tabel 3. 16 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02)

<i>Shell side</i>	Kapasitas : 21037 kg/jam Fluida : Gas hasil Reaktor ID : 29 in Baffle space : 26 in Passes : 2 Pressure drop : 0,0000 psi
<i>Tube side</i>	Kapasitas : 1052349 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 14ft Jumlah : 118 OD : 0,75 in BWG : 14 Pitch : 1 in triangular pitch Pressure drop : 0,0023 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0096 jam ft ² F/Btu
<i>Uc</i>	126,39
<i>Ud</i>	56,96
<i>A</i>	1660 ft ²

Tabel 3. 17 Spesifikasi Heat exchanger (HE-03)

HEAT EXCHANGER-03 (HE-03)	
Fungsi	Menurunkan suhu gas Hidrogen hasil samping Reaksi
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 97- 30 °C Downtherm A : 25C - 60 °C
Shell side	Kapasitas : 550 kg/jam Fluida : Gas Hidrogen ID : 25 in <i>Baffle space</i> : 10 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi
Tube side	Kapasitas : 16730,7709 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 14 ft Jumlah : 420 OD : 0,75 in BWG : 10 <i>Pitch</i> : ¹⁵ / ₁₆ in triangular pitch <i>Pressure drop</i> : 0,0303 psi
Dirt factor	0,0045 jam ft ² F/Btu
Uc	46,22

Lanjutan Tabel 3 .18 Spesifikasi Heat exchanger (HE-03)

Ud	38,33
A	1154 ft ²

Tabel 3 .19 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)

HEAT EXCHANGER-04 (HE-04)	
Fungsi	Menurunkan suhu produk 1,3 Butadiena
Tipe	<i>Double pipe</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 94- 35 °C Downtherm A : 25 °C - 40 °C Jumlah Hairpin :
Anulus	Kapasitas : 550 kg/jam Fluida : Gas Hidrogen ID : 25 in <i>Baffle space</i> : 10 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi

Lanjutan Tabel 3 .20 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)

Inner pipe	Kapasitas : 6485,5894 kg/jam Fluida : 1,3 Butadiena Panjang : 16 ft OD : 3,5 in
	<i>Pitch</i> : $\frac{15}{16}$ in triangular pitch <i>Pressure drop</i> : 0,0303 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0042 jam ft ² F/Btu
Uc	17,0021
Ud	15,8757
A	177ft ²

3. 3 Perancangan Produksi

3.3. 1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan *1,3 Butadiena* di Indonesia serta kebutuhan *1,3 Butadiena* di beberapa negara di Asia sebagai target ekspor. Kebutuhan *butadiene* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan *butadiene* akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang karena pada tahun 2018 hanya terdapat 1 pabrik penghasil *butadiene* di Indonesia yaitu PT Petrokimia Butadienas Indonesia (PBI) yang merupakan anak perusahaan PT. Chandra Asri Petrochemical sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan *butadiena* sebagai bahan baku dan bahan tambahan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 125.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dalam “Statistik Perdagangan Indonesia” tentang impor *1,3 butadiena* di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Serta data dari PT. Chandra Asri Petrochemical yang memproyeksikan bahwa peningkatan kebutuhan *1,3 Butadiena* di Indonesia yang menunjukkan kecenderungan meningkat.

Dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- a. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

- b. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju impor *1,3 Butadiena* dapat ditekan seminimal mungkin.

2. Proyeksi kebutuhan di Asia

Berdasarkan data yang diperoleh dari trademap.org didapat data kebutuhan *1,3 Butadiena* di berbagai negara di Asia. Dari data diperoleh peningkatan impor *1,3 Butadiena* yang cukup signifikan di beberapa negara di Asia

3. Ketersediaan bahan baku

Kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan *1,3 Butadiena* adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik.

3.3. 2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

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

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

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

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Material (bahan baku)

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

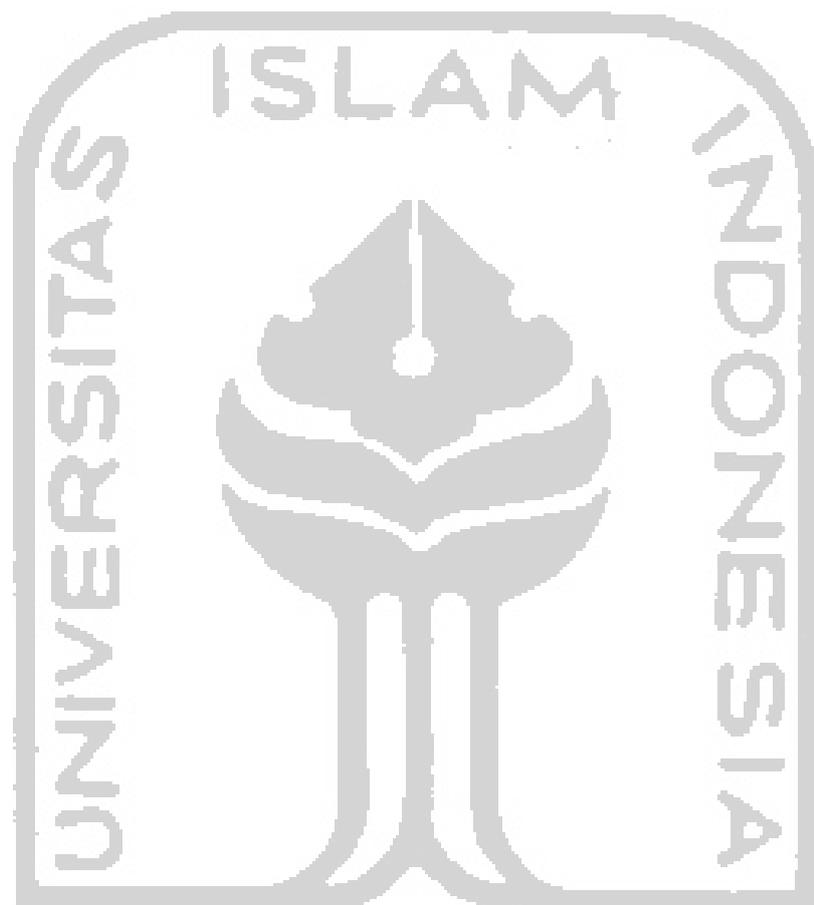
b. Manusia (tenaga kerja)

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

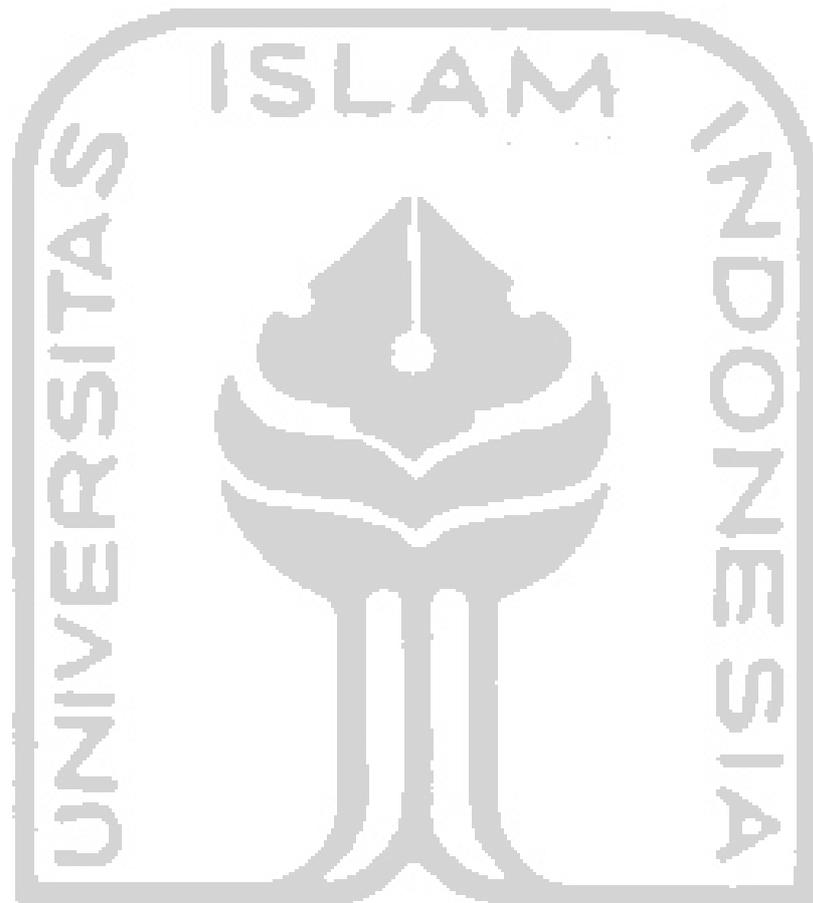
c. Mesin (peralatan)

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

Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi



جامعة الإسلام في إندونيسيا



جامعة الإسلام في إندونيسيا

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam setiap perancangan suatu pabrik karena menyangkut kelangsungan dan keberhasilannya, baik dari segi ekonomi maupun teknis. Orientasi perusahaan dalam menentukan lokasi pabrik pada prinsipnya ditentukan berdasarkan pertimbangan pada letak geografis, teknis, ekonomis dan lingkungan. Dari pertimbangan tersebut lokasi pabrik dari prarancangan pabrik *1,3 Butadiena* ini dipilih kawasan industry Petrokimia berbasis Migas dan kondensat di kota Bontang, Kalimantan Timur yang dekat dengan daerah penghasil bahan baku dengan pertimbangan sebagai berikut.



Gambar 4 .1 Lahan kosong untuk Lokasi Pabrik

4.4. 1 Faktor Primer

a. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi sehingga pengadaannya harus benar-benar diperhatikan. Sehingga diutamakan lokasi pabrik yang akan didirikan dekat dengan bahan baku. Hal ini dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan serta mengurangi investasi pabrik. Lokasi pabrik yang dipilih adalah kawasan industri Petrokimia berbasis Migas dan kondensat di kota Bontang, Kalimantan Timur. Bahan baku Butane yang digunakan diperoleh dari PT. Badak NGL Indonesia yang terletak di Bontang Kalimantan Timur.

b. Transportasi

Pemilihan lokasi di Bontang karena merupakan Kawasan industri. Selain itu untuk pemasaran Produk perlu diperhatikan letak pabrik dengan sarana transportasi. Sarana transportasi diperlukan sebagai penunjang beroperasinya suatu pabrik terutama untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Kalimantan timur mempunyai jalur penghubung Darat, sungai, dan laut sehingga akan memperlancar pemasaran produk baik di dalam negeri maupun luar negeri.

4.4. 2 Faktor Sekunder

a. Tenaga Kerja dan Tenaga Ahli

Untuk tenaga kerja berkualitas dan berpotensi di penuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia, sedangkan untuk tenaga kerja operator ke bawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar sehingga mampu mengurangi tingkat pengangguran baik dari penduduk sekitar maupun penduduk urban.

b. Kebijakan Pemerintah dan Keadaan Masyarakat

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan kebijakan pemerintah yang terkait didalamnya. Kebijakan pengembangan industri dan hubungannya dengan pemerataan kerja dan hasil-hasil pembangunan. kawasan industri Petrokimia berbasis Migas dan kondensat di kota Bontang, Kalimantan Timur. merupakan daerah yang telah disiapkan untuk kawasan industri sehingga sudah sesuai dengan kebijakan dari pemerintah.

c. Utilitas

- Penyediaan Energi

kawasan industry Petrokimia berbasis Migas dan kondensat di kota Bontang, Kalimantan Timur menyediakan fasilitas berupa fasilitas untuk memenuhi kebutuhan listrik dari PLN KALTIMRA yang mampu mensuplai kebutuhan tenaga listrik pabrik serta menggunakan *generator* yang dibangun sendiri sebagai cadangan.

- Penyediaan Air

Kebutuhan air pabrik meliputi air pendingin proses, air umpan boiler, air konsumsi umum dan sanitasi serta air pemadam kebakaran diperoleh dari air laut yang sudah melalui proses di unit utilitas.

- Penyediaan *Steam*

Kebutuhan *steam* sebagai media pemanas pada *reboiler* dipenuhi oleh boiler yang menggunakan bahan bakar dari fuel gas

- Penyediaan Udara Tekan

Penyediaan udara tekan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan instrumentasi, untuk penyediaan udara tekan di bengkel, dan untuk kebutuhan umum yang lain.

- Penyediaan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar untuk kebutuhan *generator* yang berupa IDO (*Industrial Diesel Oil*) dapat diperoleh dari Pertamina.

4. 2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses. Menurut Vilbrant, 1959 untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah :

1. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa depan.
2. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perencanaan *lay out* selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas dan dari bahan yang mudah meledak, juga jauh dari asap atau gas beracun.
3. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *out door* untuk menekan biaya bangunan dan gedung, juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara *out door*.

4. Harga tanah amat tinggi sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan / lahan.

Secara garis besar *lay out* dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu :

1. Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan ruang *control*

Daerah administrasi berfungsi sebagai pusat kegiatan administrasi pabrik dan mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang dijual.

2. Daerah proses

Daerah tempat alat proses diletakkan dan proses berlangsung.

3. Daerah penyimpanan bahan baku dan produk

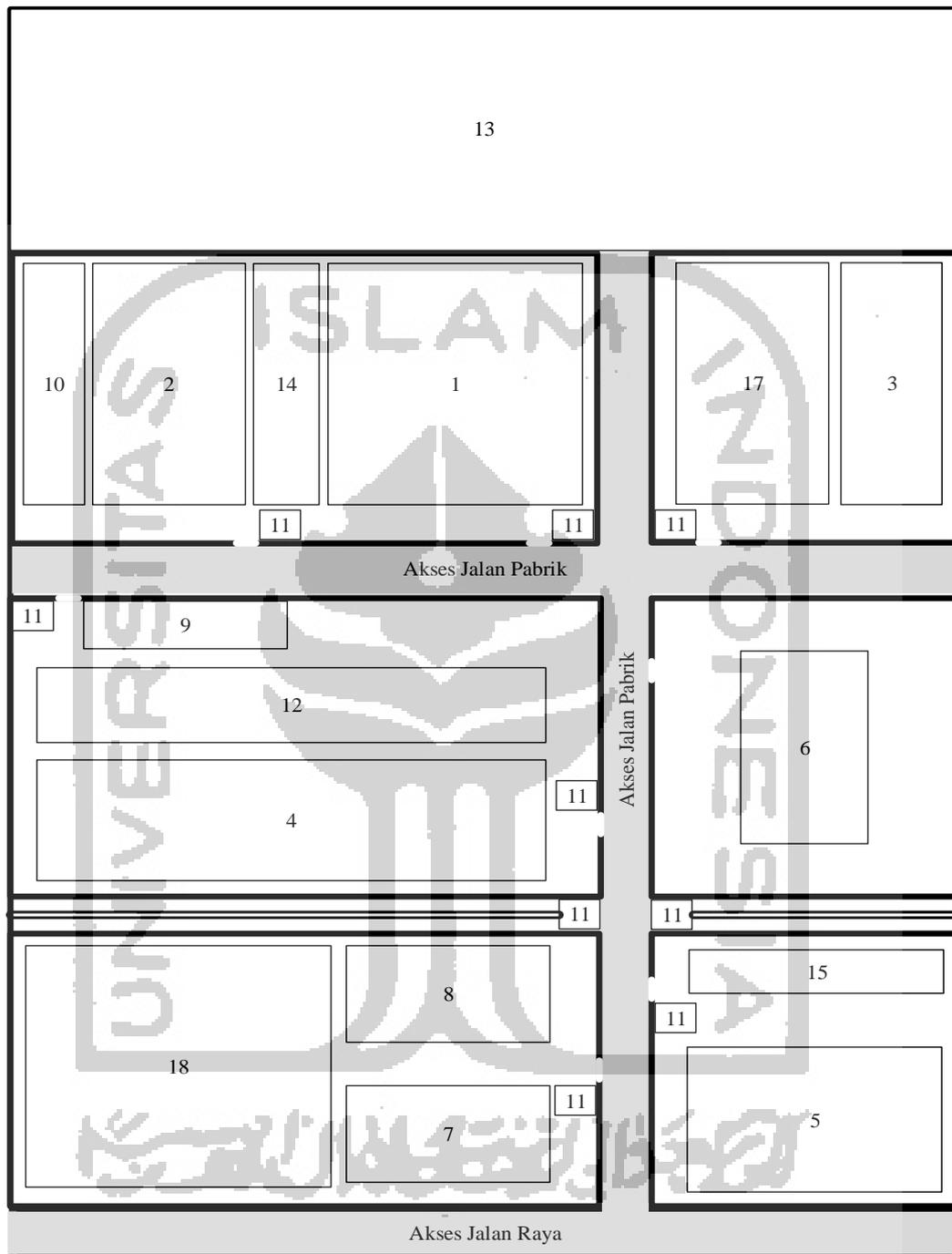
Daerah untuk tangki bahan baku dan produk.

4. Daerah gudang, bengkel dan garasi

Daerah untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.

5. Daerah utilitas

Daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan.



Skala 1:1000

Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Keterangan:

1. Area Alat Proses

2. Area Alat Utilitas
3. Perbengkelan
4. Area Perkantoran
5. Area Parkir
6. *Fire and Safety*
7. Masjid
8. Klinik
9. Laboratorium
10. Pergudangan
11. Pos Pengamanan
12. Area Hijau
13. Area Perluasan
14. *Control Room*
15. Kantin
16. Jalan (Berwarna Abu-Abu)
17. Area Pengolahan Limbah
18. Area Mess

4.3 Tata Letak Alat Proses

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *lay out* peralatan proses pada pabrik *1,3 Butadiena* menurut Vilbrant, 1959, antara lain :

1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan pekerja.

3. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia

Dalam perancangan *lay out* pabrik perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalani tugasnya juga diprioritaskan.

5. Pertimbangan ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.

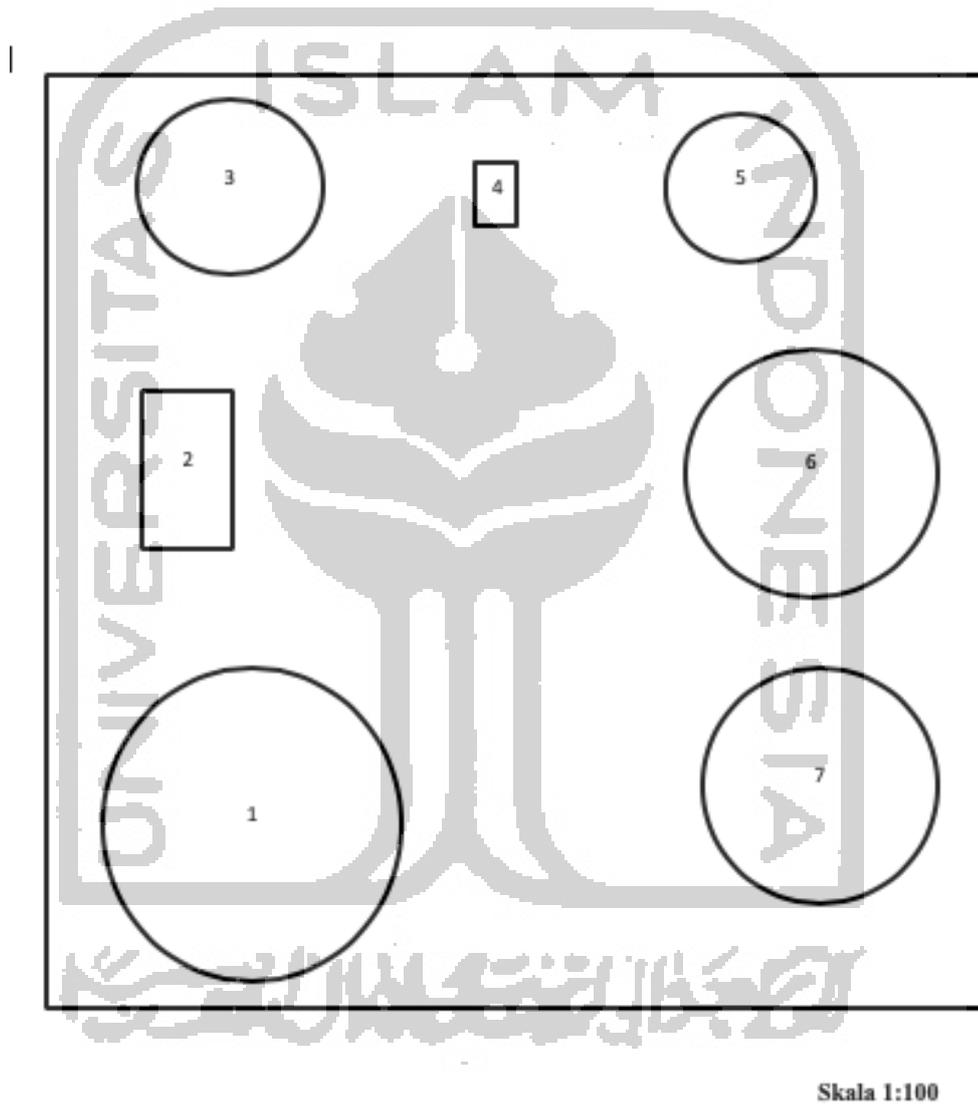
6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan.

Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin.

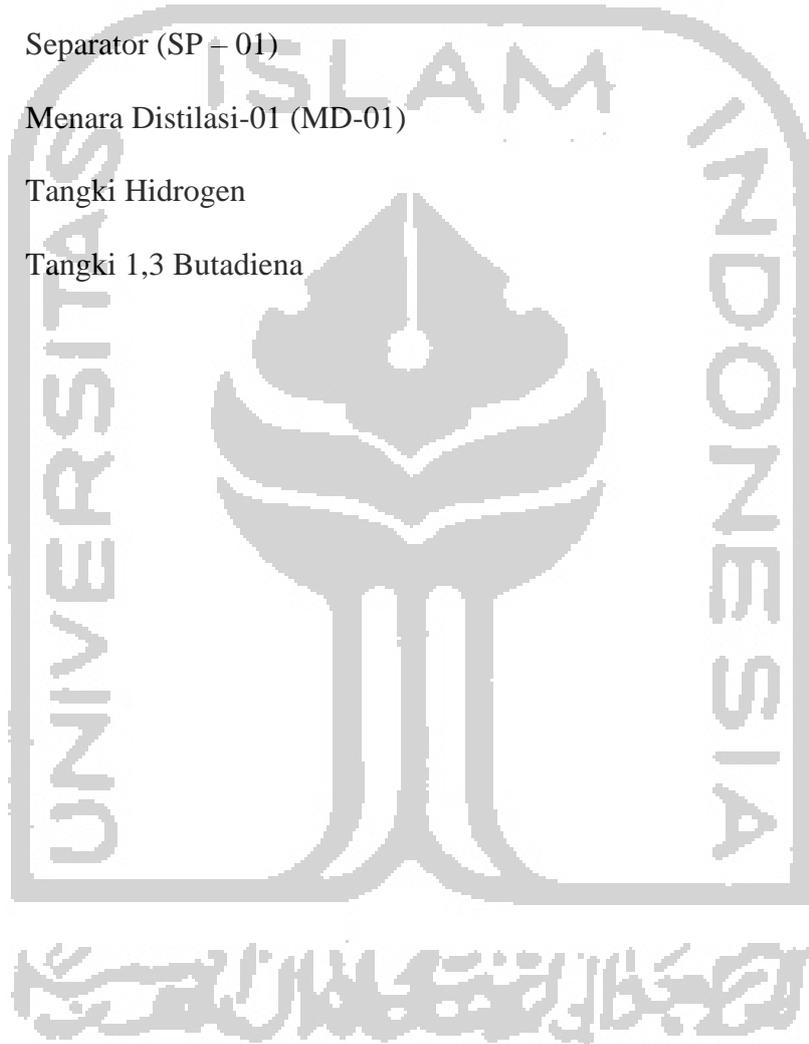
- Dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia.
- Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitas kerja disamping keamanan yang terjadi.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

Keterangan:

1. Tangki Butana
2. Furnace
3. Reaktor
4. Separator (SP – 01)
5. Menara Distilasi-01 (MD-01)
6. Tangki Hidrogen
7. Tangki 1,3 Butadiena



4. 4 Alir Proses dan Material

4.4. 1 Neraca Massa Overall

Tabel 4. 1Neraca Massa Overall

Komponen	No. Arus (Kg/Jam)					
	1	2	3	4	5	6
nC4H10	20035,520	2003,550		2003,550		1983,520
iC4H10	1001,780	1001,780		1001,780		801,420
C4H8		870,510		870,510		696,410
C4H6		15948,960		15948,960	15864,990	478,470
H2		1212,490	1212,490			
Total	21037,300	21037,290	1212,490	19824,800	15864,990	3959,820

1. Tangki-01 (T-01)

Tabel 4. 2 Neraca Massa Tangki 01

Kompon	Input		Output	
	1		1	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC4H10	20035,520	345,440	20035,520	345,440
iC4H10	1001,780	17,272	1001,780	17,272
C4H8				
C4H6				
H2				
Sub Total	21037,300	362,712	21037,300	362,712
Total (kg/jam)	21037,300		21037,300	

2 Furnnace 01 (F-01)

Tabel 4. 3 Neraca Massa Furnance

Komponen	Input		Output	
	1		1	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC4H10	20035,520	345,440	20035,520	345,440
iC4H10	1001,780	17,272	1001,780	17,272
C4H8				
C4H6				
H2				
Sub Total	21037,300	362,712	21037,300	362,712
Total (kg/jam)	21037,300		21037,300	

3. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input		Output	
	1		2	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC ₄ H ₁₀	20035,520	345,440	2003,550	34,544
iC ₄ H ₁₀	1001,780	17,272	1001,780	17,272
C ₄ H ₈			870,510	15,545
C ₄ H ₆			15948,960	295,351
H ₂			1212,490	606,245
Sub Total	21037,300	362,712	21037,290	968,957
Total (kg/jam)	21037,300		21037,300	

4. SEPARATOR (SEP -01)

Tabel 4. 5 Neraca Massa kondensor parsial

Komponen	Input		Output			
	2		3		4	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC ₄ H ₁₀	2003,550	34,544			2003,550	34,544
iC ₄ H ₁₀	1001,780	17,272			1001,780	17,272
C ₄ H ₈	870,510	15,545			870,510	15,545
C ₄ H ₆	15948,960	295,351			15948,960	295,351
H ₂	1212,490	606,245	1212,490	606,245		
Sub Total	21037,290	968,957	1212,490	606,245	19824,800	362,712
Total (kg/jam)	21037,300		21037,300			

5. Tangki-02 (T-02)

Tabel 4. 6 Neraca Massa Tangki 02

Komponen	Input		Output	
	3		3	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC4H10				
iC4H10				
C4H8				
C4H6				
H2	1212,490	606,245	1212,490	606,245
Sub Total	1212,490	606,245	1212,490	606,245
Total (kg/jam)	1212,500		1212,500	

6. Menara Distilisasi 01 (MD-01)

Tabel 4. 7 Neraca Massa MD

Komponen	Input		Output			
	4		5		6	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC4H10	2003,550	34,544			1983,520	34,19862
iC4H10	1001,780	17,272			801,420	13,81759
C4H8	870,510	15,545			696,410	12,43589
C4H6	15948,960	295,351	15864,990	15864,990	478,470	8,860556
H2						
Sub Total	19824,800	362,712	15864,990	15864,990	3959,820	69,313
Total (kg/jam)	19824,800		19824,800			

7. Tangki-02 (T-03)

Tabel 4. 8 Neraca Massa Tangki 03

Komponen	Input		Output	
	5		5	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
nC4H10	20,040	34,554	20,040	34,554
iC4H10	200,360	17,272	200,360	17,272
C4H8	174,100	15,545	174,100	15,545
C4H6	15470,490	295,351	15470,490	295,351
H2				
Sub Total	15864,990	362,712		
Total (kg/jam)	15864,990		15864,990	

4.4. 2 Neraca Energi

Tabel 4. 9 Neraca Energi Furnance

FURNANCE	In	Out
Q1 (Bahan)	679.029	
Q2 (out bahan)		4.302.560
Qpembakaran	3.623.531	
Total	4.302.560	4.302.560

Tabel 4. 10 Neraca Energi HE 01

HE-01	In	Out
Q1 (hot fluid)	30.160.860	
Q2 (cold fluid)	1.256.702	
Q3 (hot fluid)		27.647.455
Q4 (cold Fluid)		3.770.107
Total	31.417.562	31.417.562

Tabel 4. 11 Neraca Energi HE-02

HE-02	In	Out
Q1 (hot fluid)	106.771.898	
Q2 (cold fluid)	150.396.160	
Q3 (hot fluid)		52.172.632
Q4 (cold Fluid)		204.995.426
Total	257.168.058	257.168.058

Tabel 4. 12 Neraca Energi HE-03

HE-03	In	Out
Q1 (hot fluid)	6.568.373	
Q2 (cold fluid)	10.172.477	
Q3 (hot fluid)		5.374.220
Q4 (cold Fluid)		11.366.630
Total	16.740.850	16.740.850

Tabel 4. 13 Neraca Energi HE-04

HE-04	In	Out
Q1 (hot fluid)	614.435	
Q2 (cold fluid)	923.872	
Q3 (hot fluid)		290.480
Q4 (cold Fluid)		1.247.827
Total	1.538.307	1.538.307

Tabel 4. 14 Neraca Energi CD-01

Panas	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1 (hot fluid)	30.472.736.238	
Q2 (cold fluid)	90.922.922.546	
Qcondensing	13.219.347.792	
Q3 (hot fluid)		23.869.880.557
Q4 (cold Fluid)		110.745.126.020
Total	134.615.006.577	134.615.006.577



Tabel 4 .15 Neraca Energi Reaktor

Komponen	$\Delta HR(298)$	n (kmol)	$\Delta HR_i(kJ/jam)$
Reaksi 1	128	310,9	39.794.684
Reaksi 2	128	295,4	37.804.950
Total			77.599.634

Komponen	Qin		
	n (kmol)	cP* T_{in}	Qin
nC ₄ H ₁₀	345,44	216,23	74.693
iC ₄ H ₁₀	17,27	193,18	3.337
C ₄ H ₈	0,00	186,80	0
C ₄ H ₆	0,00	168,59	0
H ₂	0,00	29,83	0
Total			78.030

Komponen	Qout		
	n (kmol)	cP* T_{out}	Qout
nC ₄ H ₁₀	34,54	224,44	7.753
iC ₄ H ₁₀	17,27	199,49	3.446
C ₄ H ₈	15,54	193,65	3.010
C ₄ H ₆	295,35	173,42	51.219
H ₂	606,25	30,04	18.209
Total			83.637

Panas Masuk		Panas Keluar	
Q _{in} (kJ/jam)	Steam(kJ/jam)	Q _{out} (kJ/jam)	$\Delta HR(kJ/jam)$
78.029,93	77.605.241,74	83.637,29	77.599.634,39
77.683.271,67		77.683.271,67	

Tabel 4. 16 Neraca Energi MD-01

Panas	Panas masuk	Panas keluar
Q, MD-01	14.432.933	
Q, RB-01	37.479.938	
Q, CD-01		32.579.980
Q _{bottom product}		2.885.158
Q _{distilate product}		16.447.733
Total	51.912.871	51.912.871

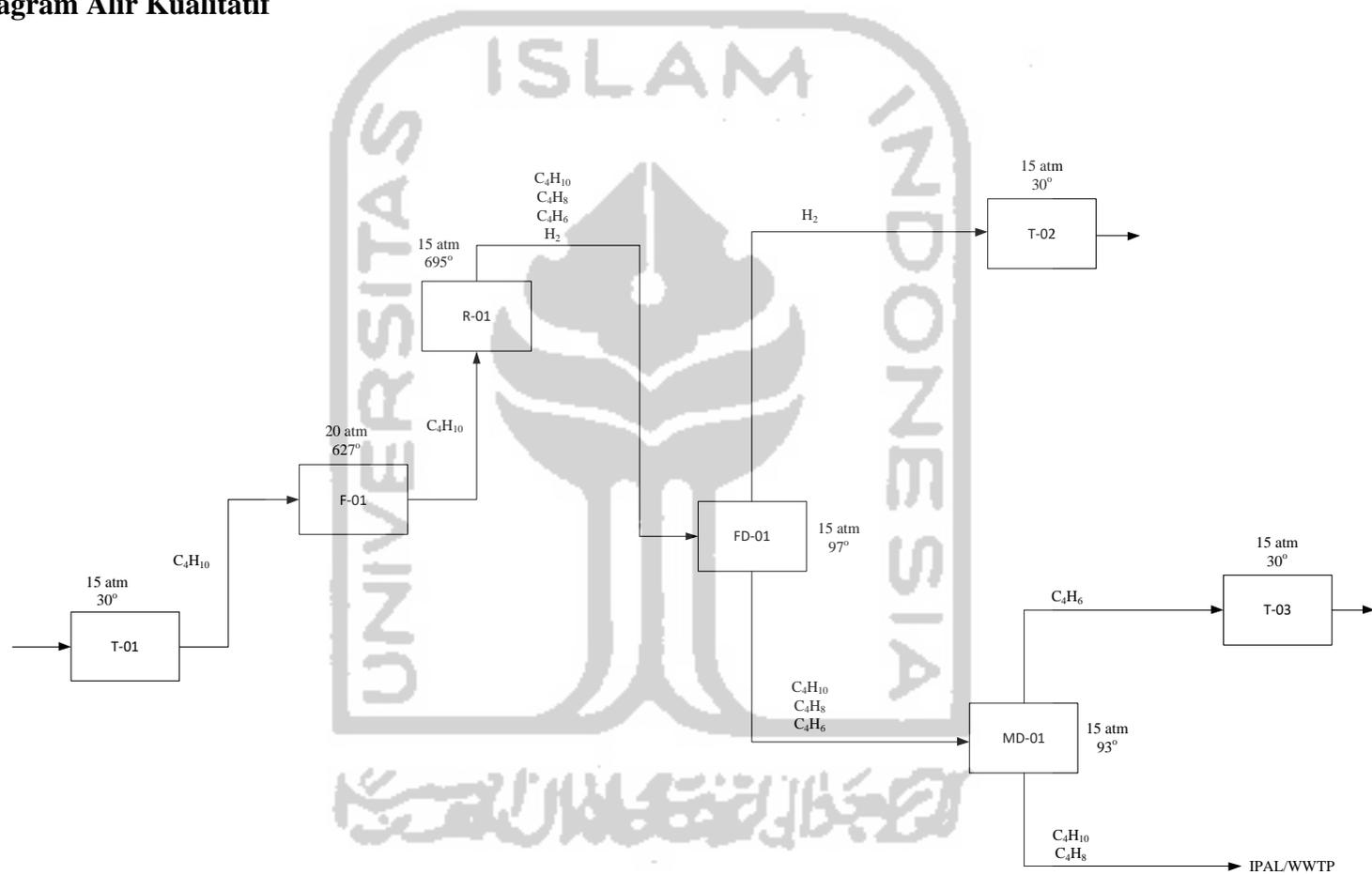
Tabel 4. 17 Neraca Energi CD-02

Panas	Panas Masuk (kJ)	Panas Keluar (kJ)
Q1 (hot fluid)	18.162.180	
Q2 (cold fluid)	329.057.798	
Q _{condensing}	3.287.288.323	
Q3 (hot fluid)		18.130.521
Q4 (cold Fluid)		3.616.377.780
Total	3.634.508.301	3.634.508.301

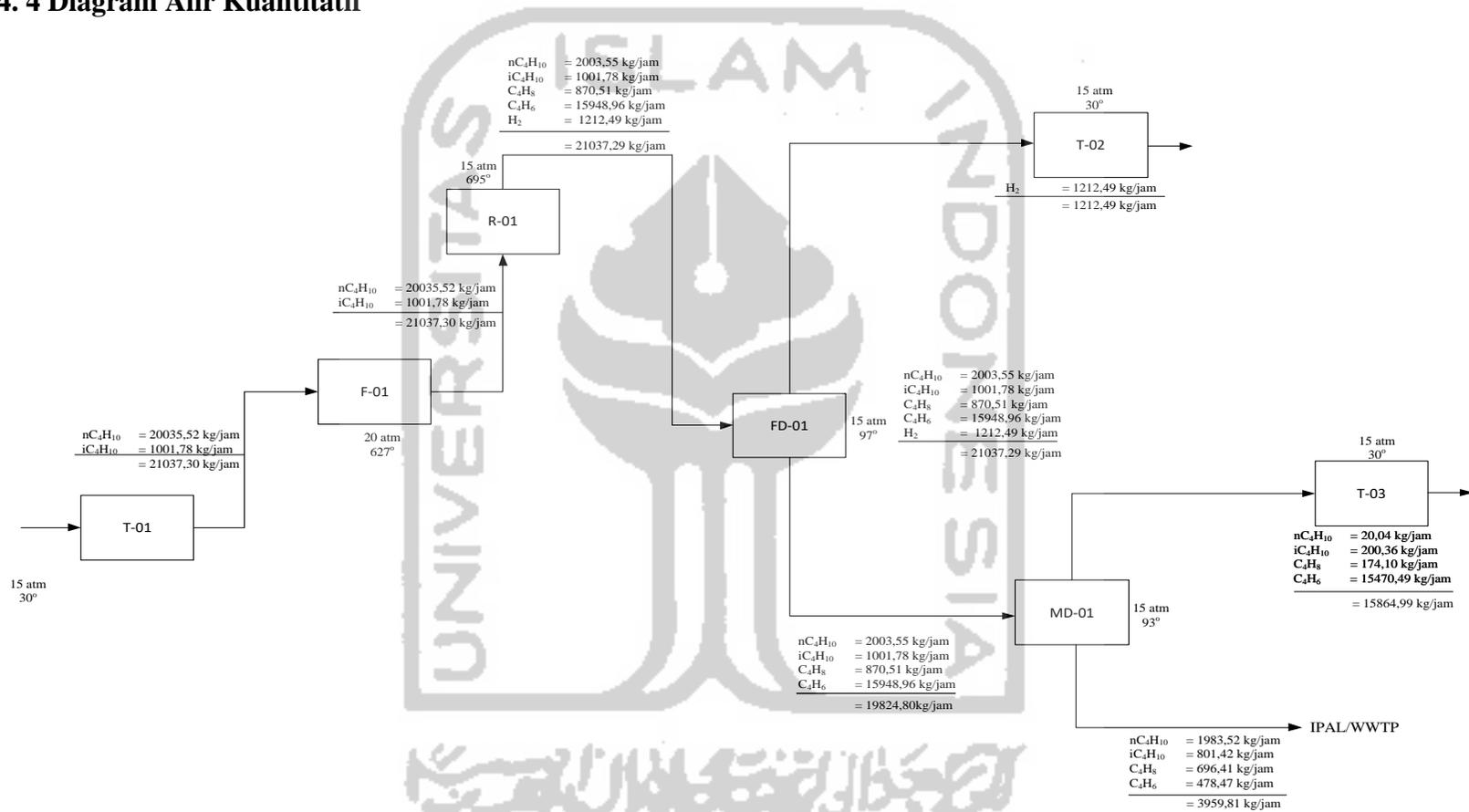
Tabel 4. 18 Neraca Energi Reboiler

REBOILER	In	Out
Q1 (hot fluid)	19.799.690	
Q2 (cold fluid)	4.484.767	
Q _{evaporation}		1.289.635
Q3 (hot fluid)		18.498.719
Q4 (cold Fluid)		4.496.103
Total	24.284.457	24.284.457

4.4. 3 Diagram Alir Kualitatif



4.4. 4 Diagram Alir Kuantitatif



4.5 Perawatan (*Maintenance*)

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

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

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

1. *Over head* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

- a. Umur alat

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

b. Bahan baku

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

c. Tenaga manusia

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

4. 6 Utilitas

4.6. 1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

4.6.1. 1 Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik 1,3 Butadiena ini, sumber air yang digunakan berasal air laut yang terdekat dengan pabrik, Pertimbangan menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

- Air laut merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- Kebutuhan air cukup tinggi karena itu dipertimbangkan untuk menggunakan air laut untuk mencukupi kebutuhan di industri.

Air yang diperlukan pada pabrik ini adalah :

a. Air pendingin

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

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

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

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

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

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

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

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

- Zat yang menyebabkan *foaming*

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

c. Air sanitasi

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

- Syarat fisika, meliputi:
 - Suhu : Di bawah suhu udara
 - Warna : Jernih
 - Rasa : Tidak berasa
 - Bau : Tidak berbau
- Syarat kimia, meliputi:
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - Tidak mengandung bakteri.

4.6.1. 2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik 1,3 butadiena kebutuhan air berasal dari air laut.

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

Untuk menghindari fouling yang terjadi pada alat-alat penukar panas, maka perlu diadakan pengolahan air laut. Pengolahan air untuk kebutuhan pabrik meliputi pengolahan secara fisik dan kimia, maupun penambahan desinfektan. Pengolahan secara fisis adalah dengan screening dan secara kimia adalah dengan penambahan chlorine. Pada tahap penyaringan, air laut dialirkan dari daerah terbuka ke water intake system yang terdiri dari screen dan pompa. Screen dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran suction pompa. Air yang tersaring oleh screen masuk ke suction pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air. Pada discharge pompa diinjeksikan klorin sejumlah 1 ppm.

Jumlah ini memenuhi untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembangbiakannya pada proses perkembangannya.

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

A. Desalinasi

Air laut adalah air murni yang di dalamnya larut berbagai zat padat dan gas. Zat terlarut meliputi organik, gas terlarut dan garam-garam anorganik yang berwujud ion-ion. Banyaknya kandungan garam pada air laut mengharuskan adanya proses desalinasi. Desalinasi adalah proses yang menghilangkan kadar garam berlebih dalam air laut untuk mendapatkan air yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Metode yang digunakan dalam desalinasi adalah metode reverse osmosis yang telah banyak digunakan diberbagai industri. Metode ini menggunakan menggunakan membran semi permeabel yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya. Hasil pemisahan berupa retentate atau disebut konsentrat (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan permeate (bagian dari campuran yang melewati membran. Proses pemisahan pada membran merupakan perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

B. Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (deionized water). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (ion exchanger) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai umpan ketel (boiler feed water).

Untuk keperluan air umpan boiler, tidak cukup hanya air bersih, oleh karenanya air tersebut masih perlu diperlakukan lebih lanjut, yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut.

Garam terlarut di dalam air berikatan dalam bentuk ion positif (cation) dan negatif (anion). Ion-ion tersebut dihilangkan dengan cara pertukaran ion di alat penukan ion (ion exchanger).

Mula-mula air bersih (filtered water) dialirkan ke cation exchanger yang diisi resin cation yang akan mengikat cation dan melepaskan ion H⁺. Selanjutnya air mengalir ke anion exchanger dimana anion dalam air bertukar dengan ion OH⁻ dari resin anion.

Air keluar dari anion exchanger hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di tangki penyimpanan (demin water storage).

Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat cation/ anion secara optimal. Untuk itu perlu dilakukan penyegaran / pengaktifan kembali secara regenerasi.

Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi service. Resin cation diregenerasi menggunakan larutan H₂SO₄, sedangkan resin anion menggunakan larutan NaOH.

Reaksi yang terjadi di ion exchanger:

a) Cation exchanger



Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H₂SO₄ 4%. Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



b) Anion exchanger





Apabila resin sudah jenuh dilakukan dengan pencucian menggunakan larutan NaOH 40%. Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



C. Deaerator

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama O_2 dan CO_2 . Gas tersebut dihilangkan lebih dahulu, karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa Hidrazin yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel. Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga $90^\circ C$ supaya gas-gas yang terlarut dalam air, seperti O_2 dan CO_2 dapat dihilangkan. Karena gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa ketel. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator.

4.6.1. 3 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Pada proses pembuatan steam diperlukan Air pembangkit *steam* pada proses ini 80% air pembangkit steam dimanfaatkan kembali, dan 20% air yang hilang selama proses diperoleh dari *make up steam*

$$\text{Kebutuhan steam} = 21.037 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan make up steam} = 4.207 \text{ kg/jam}$$

b. Air Pendinginan

Kebutuhan air pendingin yang digunakan untuk mendingin dowtherm A di Unit chiller sebesar 1.035.034 kg/jam

c. *Service Water*

Service water adalah air yang digunakan untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel dan pemadam kebakaran sebesar yang diasumsikan penggunaan sebesar 2.460 kg/jam

d. *Domestic Water*

Domestic Water adalah air yang digunakan untuk kebutuhan air untuk keperluan karyawan di dalam lingkup area pabrik. Dengan jumlah karyawan 1000 orang diasumsikan kebutuhan 100kg/orang/hari dan kebutuhan air untuk perumahan untuk 100 kepala keluarga dengan kebutuhan 600 kg/kepala keluarga/hari.

$$\text{Kebutuhan air untuk perkantoran} = 4.167 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk perumahan} = 2.500 \text{ kg/jam}$$

Taman = 250 kg/jam

Laboratorium = 3.333 kg/jam

Total kebutuhan umum air sebesar 12.300 kg/jam

4.6. 2 Unit Pembangkit *Steam* (Steam Generation System)

Unit ini bertugas untuk menghasilkan steam yang akan digunakan dalam proses produksi. Air dari deaerator dipompa menuju boiler. Air untuk boiler (Boiler Feed Water) akan dipanaskan menggunakan bahan bakar terus menerus pada tekanan serta suhu tertentu. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel. Bahan bakar yang digunakan didekati dengan No.2 Fuel Oil (33oAPI) dengan kadar C, H dan S masing-masing adalah sebesar 85,1%, 12,60%, dan 0,22% dengan sisanya yang merupakan komponen trace

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi

Kebutuhan Steam : 21037 kg/jam

Jenis Steam : Superheated Steam

Boiler akan terhubung dengan beberapa sistem, yaitu sistem pemipaan saluran bahan bakar, steam, air dan cerobong. Bahan bakar dan udara dicampur kemudian diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Panas yang dihasilkan dalam ruang bakar kemudian ditransfer ke dalam air dalam pipa sehingga air dalam pipa akan menguap.

4.6. 3 Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Kebutuhan tenaga listrik meliputi kebutuhan untuk penggerak motor alat-alat proses dan utilitas, menjalankan alat-alat control (instrumentasi) dan penerangan pabrik serta perkantoran. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, digunakan listrik dari PLN dan untuk tindakan pencegahan apabila terjadi pemadaman akan disediakan diesel cadangan. Motor diesel digunakan jenis portbale packed generator dengan bahan bakar berupa spindle oil dengan higher heating value (HHV) 18.147 Btu/lb (5,32 kWh/kg).

Kebutuhan bahan bakar : 1019,731 kg/jam

Efisiensi pembakaran : 50 %

Tabel 4. 19 Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Jumlah Unit	Total Daya	
		Total HP	Total Watt
Pengaduk Tangki Pencampuran	1	4	2982,8
Chiller water	1	1400	1043980
PU-01	1	50	37285
PU-02	1	50	37285
PU-03A dan B	1	1	745,7
PU-04	1	350	260995
PU-05	1	400	298280
PU-06	1	100	74570
PU-07	1	0,5	372,85
PU-08	1	0,5	372,85

PU-09	1	50	37285
PU-10	1	1	745,7
PU-11	1	1	745,7
PU-12	1	1	745,7
PU-13	1	1	745,7
Power Udara tekan	1	500	372850
Alat dan Instrumentasi (10%)	1	291	216998,7
Perkantoran (10%)	1	291	216998,7
Penerangan (5%)	1	145,5	108499,4
Total kebutuhan listrik 1 pabrik		3637,5	2712484

Kebutuhan listrik alat instrumentasi dan kontrol jumlah kebutuhan listrik untuk alat instrumentasi dan kontrol diasumsikan 10 % dari total kebutuhan listrik di utilitas sebesar 2.169,987 kW.

Kebutuhan Listrik untuk penerangan diasumsikan 5 % dari total kebutuhan listrik di utilitas sebesar 8.108,4994 kw

Kebutuhan Listrik Laboratorium, Rumah Tangga, Perkantoran dan lain-lain jumlah kebutuhan listrik untuk laboratorium, rumah tangga perkantoran dan lain-lain diasumsikan 10 % dari total kebutuhan listrik di utilitas diperkirakan sebesar 2.169,987 kW

Kebutuhan Listrik Total

Jumlah kebutuhan listrik total = 2.149,1514 kW 2.712.484 kw

4.6. 4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk udara di *furnace* sebesar 2137,45 m³/jam dan kebutuhan udara di *boiler* sebesar 1940 m³/jam serta untuk pemakaian alat *pneumatic control* sebesar 280 m³/jam. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 4357,45 m³/jam.

4.6. 5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada furnace, generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah Fuel oil dan methane. Dengan kebutuhan fuel oil sebesar 6.626 m³/tahun dan kebutuhan methane sebesar 2.173.050 m³/tahun.

4.6. 6 kebutuhan Dowtherm

Pada perancangan pabrik ini menggunakan downtherm pada prosesnya oleh karena itu pada proses ini di butuhkan dowthem A sebesar 21.523.378 kg/hari.

4.7 Manajemen Perusahaan

4.7.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Salah satu tujuan utama didirikannya sebuah pabrik adalah untuk memperoleh keuntungan (*profit*) yang maksimal. Untuk mencapai tujuan tersebut harus ada suatu sistem yang mengatur dan mengarahkan kerja dan operasional seluruh pihak dalam pabrik. Oleh karena itu, hendaknya suatu industri memiliki wadah dan tempat yang jelas bagi pihak-pihak tersebut untuk melakukan aktivitas yang sesuai dengan kapabilitas dan tingkat intelegensianya. Wadah yang dimaksud di atas adalah sebuah organisasi atau dengan kata lain lembaga. Proses pengorganisasian merupakan upaya untuk menyeimbangkan kebutuhan pabrik terhadap stabilitas dan perubahan.

Bentuk organisasi yang dipilih dalam operasi pabrik yang memproduksi 1,3 Butadieana adalah Perseroan Terbatas (PT). Bentuk organisasi ini adalah suatu bentuk usaha berbadan hukum yang dapat memiliki, mengatur, dan mengolah kekayaannya sendiri, serta dapat mengumpulkan modal secara efektif. Berdasarkan strukturnya, pola hubungan kerja dan lalu lintas wewenang dapat dibedakan menjadi 3 sistem organisasi, yaitu :

1. Organisasi Garis

Merupakan organisasi yang sederhana, jumlah karyawan sedikit dan mempunyai hubungan darah, serta kepemimpinan yang bersifat diktator.

2. Organisasi *Line and Staff*

Merupakan organisasi yang memiliki dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi.

3. Organisasi Fungsional

Merupakan organisasi yang berdasarkan pembagian tugas dan kegiatannya berdasarkan spesialisasi yang dimiliki oleh pejabatnya.

Dari ketiga bentuk sistem organisasi diatas, dipilih bentuk sistem organisasi Garis dan Staf (*Line and Staff*). Bentuk organisasi semacam ini mempunyai kelebihan antara lain :

- a. Dapat digunakan dalam organisasi dalam skala besar dengan susunan organisasi yang kompleks dan pembagian tugas yang beragam.
- b. Dapat menghasilkan keputusan yang logis dan sehat karena adanya staf ahli.
- c. Lebih mudah dalam pelaksanaan pengawasan dan pertanggung-jawaban.
- d. Cocok untuk perubahan yang cepat (rasionalisasi dan promosi).
- e. Memungkinkan konsentrasi dan loyalitas tinggi terhadap perusahaan.
- f. Modal untuk pengoperasian sebagian berasal dari pemilik saham dan sebagian lagi berasal dari pinjaman bank.

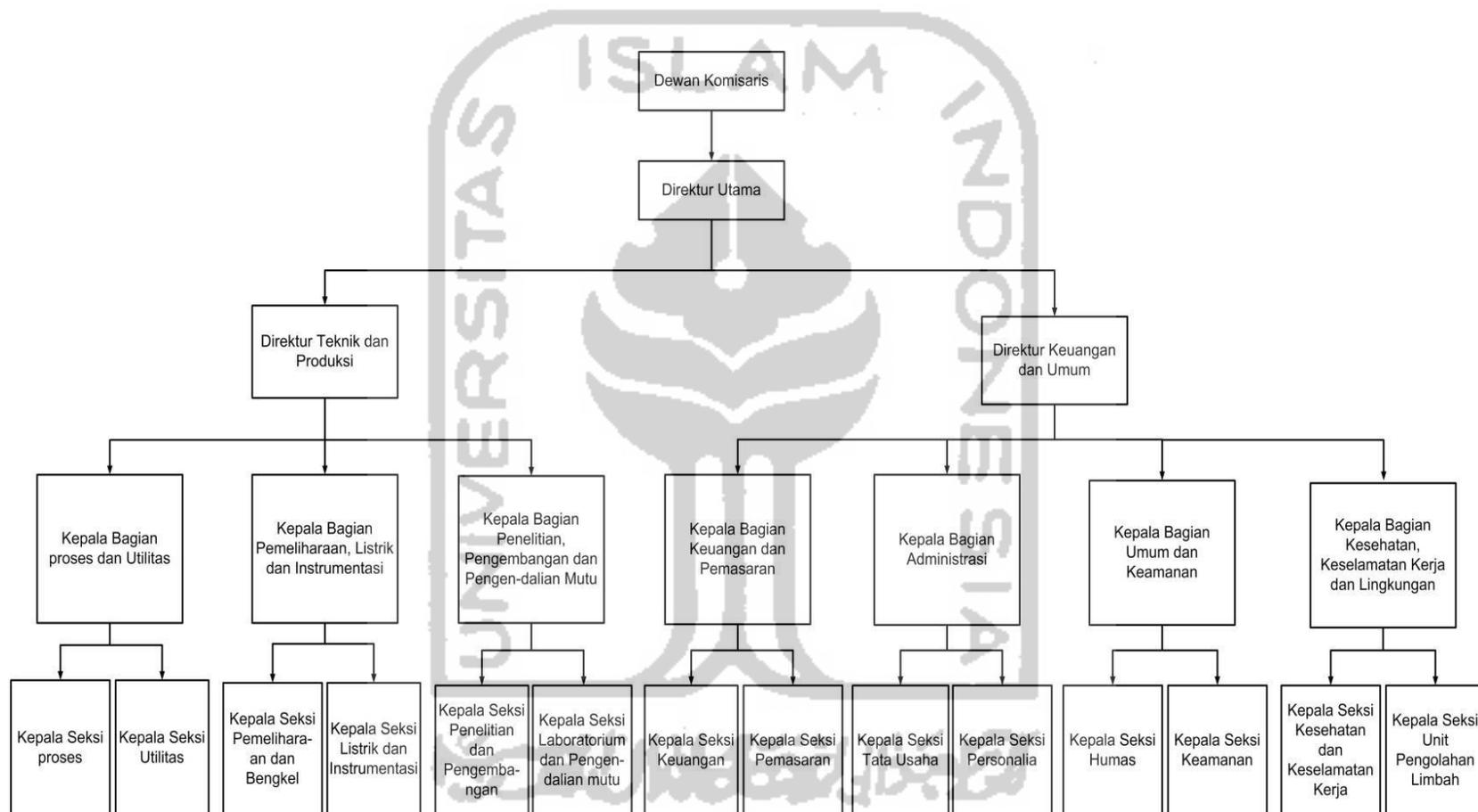
4.7.2 Struktur Organisasi

Dalam perusahaan ini, Dewan Komisaris merupakan badan tertinggi yang berkewajiban mengawasi serta menentukan keputusan dan kebijaksanaan perusahaan dan sebagai pelaksana langsung operasional perusahaan. Dewan Komisaris menunjuk atau mengangkat seorang Direktur Utama yang bertanggung jawab langsung kepada Dewan Komisaris.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh tiga orang Direktur, yaitu :

1. Direktur Teknik dan Produksi, membawahi :
 - a. Bagian Teknik dan Produksi
 - b. Bagian Pemeliharaan
 - c. Bagian Pusat Penelitian dan Pengembangan
2. Direktur Keuangan dan Pemasaran membawahi :
 - a. Bagian Keuangan dan Pemasaran
 - b. Bagian Personalia dan Umum
3. Direktur Umum, membawahi :
 - a. Bagian Umum
 - b. Bagian Personalia





Gambar 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.7.3 Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih oleh seluruh anggota pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Biasanya, anggota Dewan Komisaris adalah orang atau badan hukum yang memiliki saham mayoritas atau memiliki pengalaman dalam perusahaan. Anggota Dewan memiliki tanggung jawab kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) terhadap seluruh kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan. Tugas dari Dewan Komisaris adalah sebagai berikut :

- a) Menunjuk dan membentuk jajaran direktur yang akan mengoperasikan perusahaan.
- b) Memutuskan tujuan dan kebijakan perusahaan berdasarkan rencana para pemegang saham.
- c) Melakukan pengontrolan kinerja pada jajaran direktur.
- d) Mengorganisasikan pelaksanaan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

4.7.3.2 Direktur Utama

Direktur Utama memiliki kewajiban dalam menginformasikan seluruh kebijakan yang telah ditentukan oleh Dewan Komisaris. Dalam melaksanakan kewajibannya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur Teknik, Direktur Komersial, dan Direktur Umum. Direktur Utama memiliki tanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan seluruh pemegang saham.

Beberapa wewenang yang dimiliki oleh seorang Direktur Utama adalah sebagai berikut :

- a) Melaksanakan kebijaksanaan Dewan Komisaris.
- b) Mempertanggungjawabkan kebijaksanaan yang telah dijalankan.
- c) Memberikan laporan tentang hal-hal yang berhubungan dengan kegiatan perusahaan kepada Dewan Komisaris.
- d) Mengambil inisiatif serta membuat perjanjian-perjanjian dan kontrak kerja sama dengan pihak di luar organisasi perusahaan.

4.7.3. 3 Direktur Teknik dan Produksi

Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Teknik dan Produksi mempunyai wewenang dalam merumuskan kebijaksanaan teknik dan operasi pabrik serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktur Teknik dan Produksi membawahi :

1. Bagian Teknik dan Produksi

Kepala bagian ini mempunyai wewenang untuk :

- a. Melaksanakan operasi selama proses berlangsung.
- b. Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpangan hasil produksi serta transportasi produk.
- c. Bertanggung jawab atas kelancaran fungsional dan utilitas.

2. Bagian Teknik Pemeliharaan dan Perbengkelan

Kepala bagian ini mempunyai wewenang untuk :

- a. Mengawasi dan melaksanakan pemeliharaan peralatan pabrik serta menjaga keselamatan kerja
- b. Melakukan perbaikan serta mendukung kelancaran operasi

- c. Mengawasi dan melaksanakan pemeliharaan peralatan dan sarana pendukung
- d. Membuat program inovasi peningkatan mutu hasil produksi

4.7.3. 4 Direktur Keuangan dan Pemasaran

Direktur Keuangan dan Pemasaran dalam melaksanakan tugasnya memiliki wewenang untuk merencanakan anggaran belanja dan pendapatan perusahaan serta melakukan pengawasan keuangan perusahaan. Direktur keuangan dan pemasaran membawahi :

1. Bagian Keuangan

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- a. Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran bagi penyediaan bahan baku dan pemasukan hasil penjualan produk
- b. Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan
- c. Mengatur dan merencanakan anggaran belanja

2. Bagian Pemasaran

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- a. Menentukan daerah pemasaran
- b. Menetapkan harga jual produk dan mempromosikan hasil produksi
- c. Meningkatkan hubungan kerjasama dengan perusahaan lain
- d. Bertanggung jawab atas kelancaran transportasi bahan baku dan hasil produksi

3. Direktur Umum

Direktur Umum dalam melaksanakan tugas memiliki wewenang untuk melaksanakan tata laksana seluruh unsur dalam organisasi. Direktur umum membawahi :

1. Bagian Personalia

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- a. Memberi pelayanan administrasi kepada semua unsur organisasi
- b. Mengatur dan meningkatkan hubungan kerjasama antar karyawan perusahaan dengan masyarakat
- c. Memberi pelatihan dan pendidikan bagi karyawan-karyawan perusahaan

2. Bagian Umum

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- a. Memberi pelayanan kepada semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas kesehatan serta keselamatan kerja bagi seluruh karyawan dan keluarganya
- b. Memberikan penyuluhan mengenai fasilitas perusahaan

3. Kepala Bagian

Kepala Bagian adalah seseorang yang memimpin setiap departemen yang dibawahi oleh Direktur. Adapun tugas dan wewenang dari Kepala Bagian adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan tugas yang diberikan oleh pimpinan dan melakukan pengawasan terhadap kinerja bawahannya.

- b. Memberikan laporan pertanggung-jawaban kepada pimpinan atas tugas-tugas yang diberikan setelah menerima dan memerikan tugas yang telah dilakukan oleh bawahannya.
- c. Mengawasi pelaksanaan dari rencana yang dibuat oleh pimpinan dan memberikan saran yang berhubungan dengan pelaksanaan tugas tersebut.

4. Kepala Seksi

Kepala Seksi mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- a. Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian atau atasan masing – masing atas kelancaran kerja dalam mencapai target yang telah ditentukan.
- b. Mengetahui kualitas dan kuantitas barang – barang dan peralatan kerja yang menjadi tanggung jawabnya.
- c. Menciptakan suasana kerja yang baik dan menjamin keselamatan kerja para karyawan.

5. Operator/Karyawan

Operator/karyawan merupakan tenaga pelaksana yang secara langsung bertugas melaksanakan pekerjaan di lapangan sesuai dengan bidang dan keahliannya masing – masing. Semua pekerjaan operasional lapangan menjadi tugas dan tanggung jawab operator.

4.7.4 Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1 setiap bulan. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

Tabel 4. 20 Sistem Gaji

Jabatan	Jumlah	Gaji/orang/bulan	Gaji / tahun	Total Gaji
Direktur Utama	1	35.000.000,00	420.000.000,00	35.000.000,00
Sekre Direktur Utama	1	25.000.000,00	300.000.000,00	25.000.000,00
Direktur Teknik & Produksi	1	20.000.000,00	240.000.000,00	20.000.000,00
Direktur Keuangan & Pemasaran	1	20.000.000,00	240.000.000,00	20.000.000,00
Direktur Umum	1	20.000.000,00	240.000.000,00	20.000.000,00
Sekre Direktur Teknik & Produksi	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kepala Teknik & Produksi	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kabag Pusat Penelitian & Pengembangan	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kabag Pemeliharaan & Perbengkelan	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Sekre Direktur Keuangan & Pemasaran	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kabag Keuangan	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kabag Pemasaran	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Sekre Direktur Umum	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kabag Personalia	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Kabag umum	1	15.000.000,00	180.000.000,00	15.000.000,00
Dokter	1	7.000.000,00	84.000.000,00	7.000.000,00
Perawat	2	4.000.000,00	48.000.000,00	8.000.000,00
Karyawan Operator	68	5.200.000,00	62.400.000,00	353.600.000,00

Karyawan Laboratorium	2	5.200.000,00	62.400.000,00	10.400.000,00
Karyawan Administrasi	2	4.500.000,00	54.000.000,00	9.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan	2	5.200.000,00	62.400.000,00	10.400.000,00
Karyawan Litbang	2	4.500.000,00	54.000.000,00	9.000.000,00
Sopir	2	2.900.000,00	34.800.000,00	5.800.000,00
Cleaning Service	4	2.900.000,00	34.800.000,00	11.600.000,00
Jumlah	100	311.400.000,00	3.736.800.000,00	694.800.000,00

4.7. 5 Sistem Kerja

Pabrik pembuatan 1,3 Butadiena berkapasitas 12.000 ton/tahun beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam dalam sehari. Untuk menjaga kelancaraan proses produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, maka waktu kerja diatur dengan *daily* dan *shift*.

4.7.4. 1 Waktu Kerja Karyawan Daily

a. Hari Senin s/d Kamis :

Pukul 07.00 – 12.00 WIB

Pukul 13.00 – 16.30 WIB

b. Hari Jumat :

Pukul 07.00 – 11.30 WIB

Pukul 13.00 – 17.00 WIB

c. Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar libur.

4.7.4. 2 Waktu Kerja Karyawan Shift

Kegiatan perusahaan yang dijalani oleh pekerja staf adalah selama 8 jam per hari. Pembagian *shift* 3 kali per hari yang bergantian secara periodik dengan perulangan dalam 8 hari. Jumlah tim dalam pekerja nonstaf adalah 4 tim (A, B, C, dan D) dengan 3 tim bekerja secara bergantian dalam 1 hari sedangkan 1 tim lainnya libur. Penjadwalan dalam 1 hari kerja per periode (31 hari) adalah sebagai berikut :

- a. *Shift* I (Pagi) : Pukul 07.00 – 15.00 WIB
- b. *Shift* II (Sore) : Pukul 15.00 – 23.00 WIB
- c. *Shift* III (Malam) : Pukul 23.00 – 07.00 WIB
- d. *Shift* IV (Libur)

Adapun hari libur diatur sebagai berikut:

- a. *Shift* I : 5 hari kerja, 2 hari libur
- b. *Shift* II : 5 hari kerja, 2 hari libur
- c. *Shift* III : 5 hari kerja, 2 hari libur

Pembagian Jam kerja Pekerja *shift*, sebagai asumsi terdapat 31 hari.

Tabel 4. 21 Jadwal Pembagian *Shift*

Tanggal	Grup A	Grup B	Grup C	Grup D
1	III	II	I	
2		II	I	III
3		II	I	III
4	II	I		III
5	II	I		III
6	II	I		III
7	II	I	III	
8	II	I	III	
9		I	III	II
10	I		III	II
11	I		III	II
12	I	III		II
13	I	III		II
14	I	III	II	
15		III	II	I
16		III	II	I
17	III		II	I
18	III		II	I
19	III	II		I
20	III	II	I	
21	III	II	I	
22		II	I	III

Lanjutan Tabel 4. 22 Jadwal Pembagian *Shift*

23		II	I	III
24	II		I	III
25	II	I		III
26	II	I		III
27	II	I	III	
28	II	I	III	
29		I	III	II
30	I		III	II
31	I		III	II

Pembagian jadwal shift untuk pekerja non staff dapat dilihat Tabel 4.50 dimana pergantian antara shift dilakukan berdasarkan standar prosedur operasional yang diberlakukan oleh pihak perusahaan.

4.7. 6 Penggolongan Jabatan dan Keahlian

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

Tabel 4 .23 Jabatan dan Keahlian

Jabatan	Pendidikan
Direktur utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Medis	S-1
Paramedis	D-3
Karyawan	SLTA
Sopir	SLTA
Cleaning Service	SLTP
Satpam	SLTA

4. 8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik. Dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi

dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

A. Return On Investment

B. Pay Out Time

C. Discounted Cash Flow

D. Break Even Point

E. Shut Down Point

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

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

Meliputi :

- 1) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- 2) Modal kerja (*Working Capital Investment*)

b. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cos*)

Meliputi :

- 1) Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- 2) Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

c. Pendapatan modal

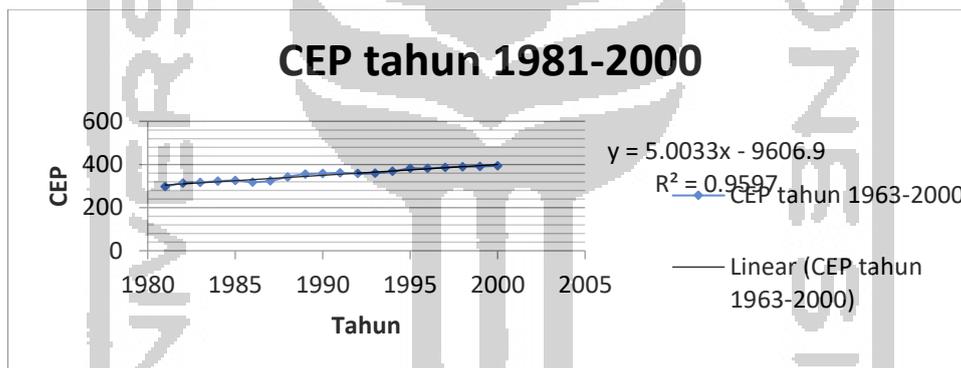
Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- 1) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- 2) Biaya variabel (*Variable Cost*)

3) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Harga Alat

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



Gambar 4. 5 Tahun vs indeks harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah $y = 5,0033x - 9606,9$ Pabrik 1,3 butadiena kapasitas 125.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2025, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 524,78

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik

didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga. (Aries dan Newton, 1955)

$$Ex = Ey \frac{Nx}{N}$$

Dimana : Ex : Harga alat pada tahun x

Ey : Harga alat

pada tahun y Nx

: Index harga

pada tahun x Ny

: Index harga

pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak ada spesifikasi di referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan: (Peters dan Timmerhaus, 1980)

$$Eb = Ea \left[\frac{Cb}{Ca} \right]^{0.6}$$

Tabel 4. 24 Harga Alat Proses

No.	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga Total
1	Tangki butadiena	T- 01	3	\$ 466.167
2	Tangki hydrogen	T-02	5	\$ 497.457
3	Tangki butadiena	T- 03	5	\$893.392
4	Furnance	F-01	1	\$ 766.868
5	Reaktor <i>fixed bed</i>	FBR-01	1	\$ 3679.8932
6	Condensor	CD-01	1	\$ 83.263
7	<i>Condensor</i>	CD-02	1	\$ 117.841
8	<i>Separator</i>	SEP-01	1	\$ 76.687
9	<i>Separator I</i>	SEP-02	1	\$ 59.610
10	<i>Menara distilisasi</i>	MD-01	1	\$ 450.787
11	<i>Reboiler</i>	Rb-01	1	\$ 15.910
12	<i>Expansion valve</i>	EV-01	1	\$ 277
12	<i>Heat exchanger</i>	HE-01	1	\$ 1.697
13	<i>Heat exchanger</i>	HE-02	1	\$76.156
14	<i>Heat exchanger</i>	HE-03	1	\$ 67.565
15	<i>Heat exchanger</i>	HE-04	1	\$ 9.440

Tabel 4. 25 Harga Alat Utilitas

Nama alat	Kode alat	Jumlah	Harga
Pompa Utilitas-01	PU-01	1	\$ 22.486
Pompa Utilitas-02	PU-02	1	\$ 22.486
Pompa Utilitas-03	PU-03 A/B	1	\$ 4.667
Pompa Utilitas-04	PU-04	1	\$ 22.486
Pompa Utilitas-05	PU-05	1	\$ 22.486
Pompa Utilitas-06	PU-06	1	\$ 22.486
Pompa Utilitas-07	PU-07	1	\$ 4.667
Pompa Utilitas-08	PU-08	1	\$ 6.682
Pompa Utilitas-09	PU-09	1	\$ 22.486
Pompa Utilitas-10	PU-10	1	\$ 6.682
Pompa Utilitas-11	PU-11	1	\$ 6.682
Pompa Utilitas-12	PU-12	1	\$ 6.682
Pompa Utilitas-13	PU-13	1	\$ 6.682
Screeener	AU	1	\$ 197
Tangki Pencampuran	BCU	1	\$ 8.727
Membran Ultrafiltrasi	DU	1	\$ 12.092
Reverse osmosis-01	RO-01	1	\$ 137.570

Lanjutan Tabel 4.25 Harga alat Utilitas

Reverse osmosis-02	RO-02	1	\$ 137.570
Tangki penyimpanan-1A	TAU-01	1	\$ 12.753
Tangki penyimpanan-1B	TBU-01	1	\$ 3.832
Tangki penyimpanan-02	TU-02	1	\$ 2.125
Tangki penyimpanan-04	TU-04	1	\$ 2.480
Tangki Penyimpanan-05	TU-05	1	\$ 2.484
Tangki NaOCl	BU	1	\$ 12.198
Chiller Machine	DAU	10	\$ 1.474.338
Tangki H2SO4	CU	1	\$ 12.198
Tangki boiler feed water	TBU-03	1	\$ 13.258
Boiler	TBU-04	1	\$ 819.796
Deaerator	TBU-02	1	\$ 27.841

4.8.2 Dasar perhitungan

Kapasitas produksi	=	125.000 ton/tahun
Pabrik beroperasi	=	330 hari
Umur pabrik	=	10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	=	2025
Kurs mata uang	=	1 US\$=Rp14,204
Upah pekerja asing	=	\$30,90/man hour
Upah pekerja Indonesia	=	Rp40.000/man hour
1 man hour asing	=	3 man hour Indonesia
5% tenaga asing	=	95% tenaga Indonesia

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik.

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

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

Tabel 4. 26 *Physichal Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Delivered Equipment Cost</i>	68.117.429.407	4.795.651
2	Instalasi cost	28.301.327.535	1.992.490
3	Pemipaan	31.767.900.044	2.236.546
4	Instrumentasi	29.477.085.384	2.075.267
5	Insulasi	3.839.753.987	270.329
6	Listrik	10.217.614.411	719.348
7	Bangunan	13.623.485.881	959.130
8	<i>Land & Yard Improvement</i>	6.811.742.941	479.565
9	<i>Uitilities</i>	59.496.309.175	4.188.701
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		251.652.648.765	17.717.027

Tabel 4. 27 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 45.297.476.778	\$ 3.189.065
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp 296.950.125.543	\$ 20.906.092

Tabel 4. 28 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 296.950.125.543	\$ 20.906.092
2	Kontraktor	Rp 5.939.002.511	\$ 418.122
3	Biaya tak terduga	Rp 29.695.012.554	\$ 2.090.609
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp 332.584.140.608	\$ 23.414.823

b. *Working Capital Investment*

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

Tabel 4. 29 *Working Capital Investment (WCI)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 26.332.528.709	\$1.825.881
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 2.325.501.509	\$163.722
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 29.403.595.742	\$2.070.093
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 202.126.670.333	\$14.230.264
5	<i>Available Cash</i>	Rp 134.251.331.024	\$9.451.657
Working Capital (WC)		Rp 394.987.707.796	\$27.808.202

4.8.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

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

Menurut Aries dan Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk

Tabel 4. 30 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 946.640.822.596	\$ 66.646.073
2	<i>Labor</i>	Rp 6.988.800.000	\$ 492.030
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.397.760.000	\$98.406
4	<i>Maintenance</i>	Rp 35.409.990.444	\$ 2.492.959
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp5.311.498.567	\$ 373.944
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp145.531.202.639	\$10.245.790
7	<i>Utilities</i>	Rp294.749.816.536	\$ 20.751.184
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp1.424.293383.688	\$100.247.105

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

Tabel 4. 31 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 1.397.760.000	\$ 98.406
2	<i>Laboratory</i>	Rp 698.880.000	\$ 49.203
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 3.494.400.000	\$ 246.015
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp121.276.002.199	\$ 8.538.158
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp119.148.546.988	\$ 8.388.380

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost adalah pengeluaran tetap yang tidak bergantung waktu dan tingkat produksi

Tabel 4. 32 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	31.896.065.473	2.245.569
2	<i>Propertu taxes</i>	6.651.682.812	468.296
3	<i>Insurance</i>	6.651.682.812	468.296
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		45.199.431.097	3.182.162

Tabel 4. 33 *Total Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct manufacturing cost (DMC)</i>	1.424.293383.688	100.247.105
2	<i>Indirect manufacturing cost (FMC)</i>	119.148.546.988	8.388.380
3	<i>Fixed manufacturing cost (FMC)</i>	45.199.431.097	3.182.162
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		1.588.641.361.773	111.844.647

4.8.3.3 *General Expense*

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

Tabel 4. 34 *General Expense (GE)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	72.765.601.320	5.122.895
2	<i>Sales expense</i>	241.552.004.399	17.076.317
3	<i>Research</i>	97.020.801.760	6.830.527
4	<i>Finance</i>	150.748.376.803	10.613.093
General Expense (GE)		563.791.442.053	39.692.442

Tabel 4. 35 *Total Production Cost (TPC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	1.588.641.361.773	111.844.647
2	<i>General Expense (GE)</i>	563.086.784.282	39.642.832
Total Production Cost (TPC)		2.174.807.414.339	153.112.321

4.8.4 Analisis Keuntungan

a. Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp. 2.425.520.043.991

Total biaya produksi : Rp. 2.174.807.414.339

Keuntungan : Total penjualan – biaya produksi

: Rp. 250.712.629.652

b. Keuntungan setelah pajak

Pajak : 35% x Rp. 250.712.629.652

Keuntungan : keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp. 162.963.209.274

4.8.5 Analisis Kelayakan

1. Return on Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

a. ROI sebelum pajak (ROI_b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 44%. (Aries & Newton, 1955).

$$\text{ROI}_b = 75\% \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

b. ROI setelah pajak (ROI_a)

$$\text{ROI}_a = 48,90\% \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

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

a. POT sebelum pajak (POT_b)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimum adalah 2 tahun. (Aries & Newton, 1955).

$$POT_b = 1,3 \text{ tahun (pabrik memenuhi kelayakan)}$$

b. POT setelah pajak (POT_a)

$$POT_a = 1,8 \text{ tahun (pabrik memenuhi kelayakan)}$$

2. **Break Even Point (BEP)**

Break even point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40 – 60 %.

$$BEP = \frac{F_a + 0,3 \cdot R_a}{S_a - V_a - 0,7 \cdot R_a} \times 100\%$$

Tabel 4. 36 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 31.896.065.473	\$ 2.245.569
2	Property taxes	Rp 6.651.682.812	\$ 468.296
3	Insurance	Rp 6.651.682.812	\$ 468.296
Fixed Cost (Fa)		Rp 45.199.431.097	\$ 3.182.162

Tabel 4. 37 Annual Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	946.640.822.596	66.646.073
2	Packaging & shipping	121.276.002.199	8.538.158
3	Utilities	276.285.182.142	19.451.224
4	Royalties and Patents	145.531.201.639	10.245.790
Variable Cost (Va)		1.489.733.209.577	104.881.245

Tabel 4. 38 Annual Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	4.243.200.000	298.732
2	Plant overhead	2.121.600.000	28.735
3	Payroll overhead	848.640.000	59.746
4	Supervision	848.640.000	59.746
5	Laboratory	424.320.000	29.873
6	Administration	72.765.601.320,	5.122.895
7	Finance	150.748.376.803	10.613.093
8	Sales expense	242.552.004.399	17.076.316
9	Research	97.020.801.760	6.830.526
10	Maintenance	35.409.990.444	2.492.959
11	Plant supplies	5.311.498.567	373.944
Regulated Cost (Ra)		612.294.673.293	43.107.2000

Tabel 4. 39 Annual Sales Cost (Sa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total Penjualan	2.425.520.043.991	170.763.168
	Total	2.425.520.043.991	170.763.168

Dari hasil perhitungan di dapatkan BEP sebesar 47,64 % . BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%, sehingga pabrik memenuhi kelayakan.

3. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk

melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*

$$SDP = \frac{0,3 \cdot R_a}{S_a - V_a - 0,7 \cdot R_a} \times 100\%$$

$$SDP = 38,31 \%$$

4. Discounted cash flow (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 332.584.140.608

Working Capital = Rp 394.987.707.796

Salvage Value (SV) = Rp 14.549.473.192

Annual Cash Flow (*C_k*) = *Annual profit + depresiasi + finan*

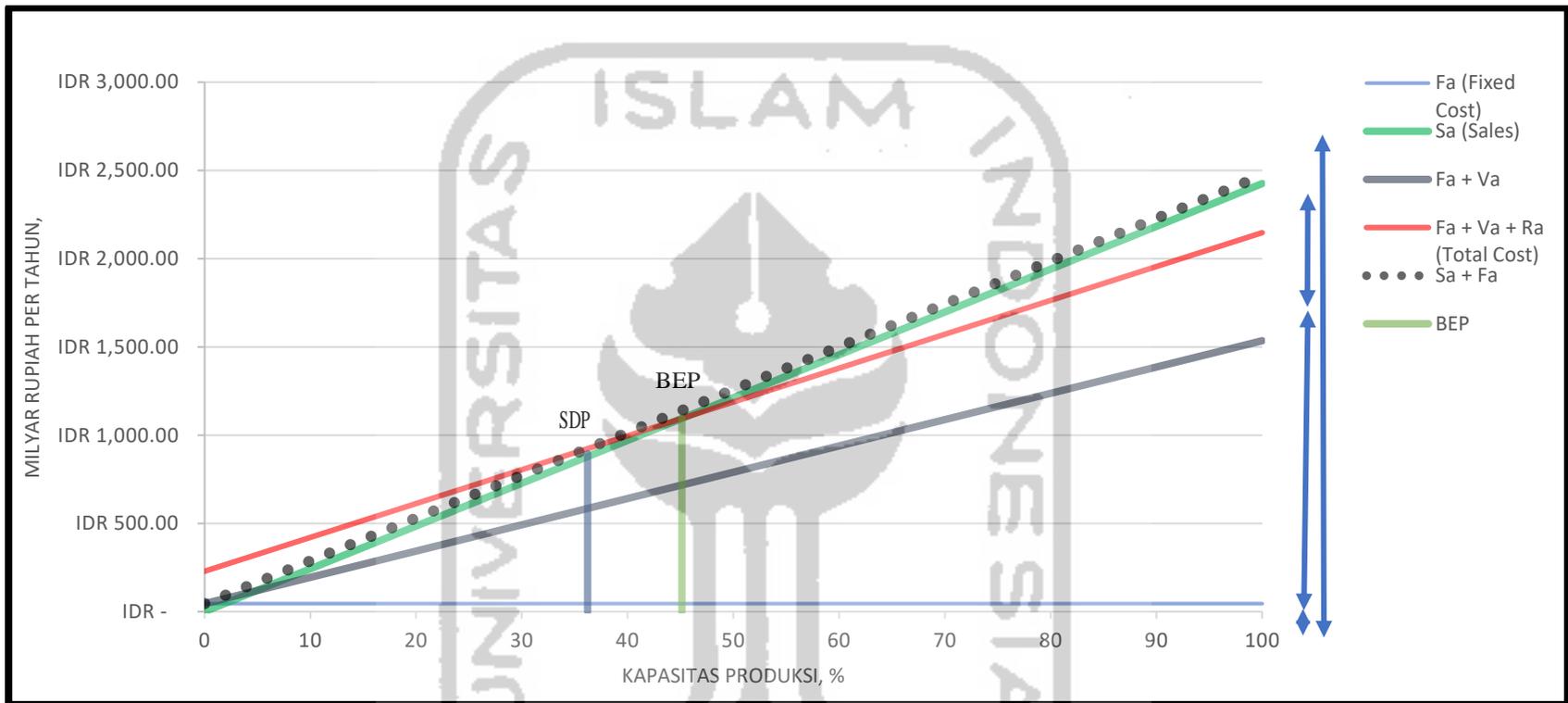
C_k = Rp 346.312.309.322

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

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

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai *i* = 23,00



Gambar 4. 6 Grafik SDP dan BEP

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik *1,3 butadiena* dengan kapasitas 125.000 Ton/tahun dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko tinggi karena:

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik *1,3 butadiena* ini tergolong pabrik beresiko tinggi.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
 - a. Keuntungan yang diperoleh:
Keuntungan sebelum pajak Rp. 250 Milyar/tahun, dan keuntungan setelah pajak (35%) sebesar Rp 162 Milyar/tahun.
 - b. *Return On Investment*
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 75 %, dan ROI setelah pajak sebesar 49%. Syarat ROI setelah pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955).
 - c. *Pay Out Time*
POT sebelum pajak selama 1,3 tahun dan POT setelah pajak selama 1,8 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

- d. *Break Event Point* (BEP) pada 47,64 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 38,31%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 23,00%. Suku bunga pinjaman di bank adalah 12,00 % . Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank.

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik *1,3 butadiena* dengan kapasitas 250.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5. 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 dan 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.

Produk *1,3 butadiena* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun ekspor di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat dan juga menunjang perekonomian di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York

Badan Pusat Statistik, "Statistik Industri Manufaktur 2014", www.bps.go.id, 2014

Elvers, B., 2002, "Ullmann's *Encyclopedia Of Industrial Chemistry*", Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1981, "*Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*", New York: John Wiley and Sons Inc.

Vilbrandt, F. C. and Dryden, C. E., 1959 "*Chemical Engineering Plant Design Fourth Edition*"

Yaws, C.L., 1999 "Chemical Properties Handbook", McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York

Chemical Market Associates, Inc 2008

[Suku Bunga Dasar Bank BI: http://www.bni.co.id/id-id/beranda/sukubungadasarkredit](http://www.bni.co.id/id-id/beranda/sukubungadasarkredit) diakses 20 Agustus 2019

[Harga n-Butana Terbaru: https://www.alibaba.com/product-detail/Wholesale-R600-Butyl-hydride-Quartane-N_60818972664.html?spm=a2700.7724838.2017115.22.305e6c62W9ZI5e&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Wholesale-R600-Butyl-hydride-Quartane-N_60818972664.html?spm=a2700.7724838.2017115.22.305e6c62W9ZI5e&s=p)

diakses 20 Agustus 2019

[Harga Alumina Chormina Catalyst Terbaru: http://en.rbu.web.indotrading.com/product/alumina-aktif-p312162.aspx](http://en.rbu.web.indotrading.com/product/alumina-aktif-p312162.aspx) diakses 20

Agustus 2019

Harga 1,3-Butadiena Terbaru: https://www.alibaba.com/product-detail/1-3-butadiene-Butadiene-price-1_62139799384.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.5d0230ca3gMHu4&s=p

diakses 20 Agustus 2019

Harga Hydrogen Terbaru: https://www.alibaba.com/product-detail/Fast-Delivery-High-Pressure-Pure-Hydrogen_60802887893.html?spm=a2700.7724838.2017115.10.57dc733dc2pQtP&s=p

Hydrogen_60802887893.html?spm=a2700.7724838.2017115.10.57dc733dc2pQt

P&s=p diakses 20 Agustus 2019

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24670#section=Related-Substances>

diakses 12 Februari 2019

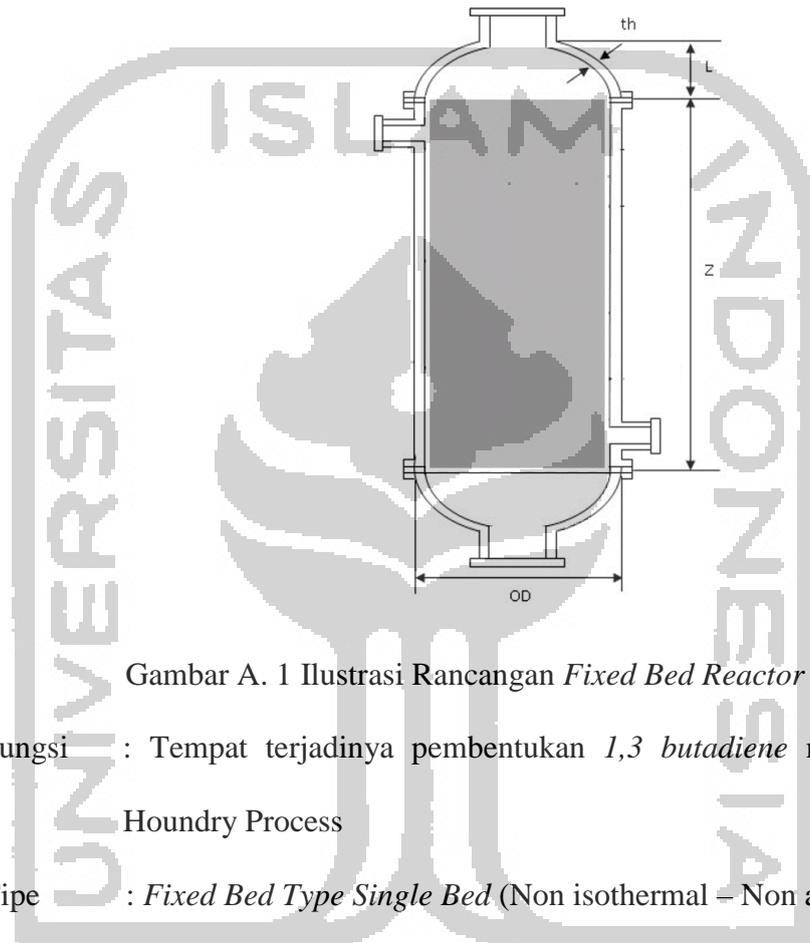
<http://matche.com/> diakses 19 Agustus 2019

www.chandra-asri.com/ diakses 22 November 2018

trademap.org, 2017 diakses 26 November 2018

LAMPIRAN

REAKTOR



Gambar A. 1 Ilustrasi Rancangan *Fixed Bed Reactor*

Fungsi : Tempat terjadinya pembentukan *1,3 butadiene* melalui reaksi

Houdry Process

Tipe : *Fixed Bed Type Single Bed* (Non isothermal – Non adiabatis)

Operasi : Kontinyu

Kondisi Operasi

Temperatur, T = 627 °C

Tekanan, P = 15 atm

Konversi C_4H_{10} = 90 %

Laju alir massa, W = 21.037,3 kg/jam

$$\text{BM rata-rata} = 58 \text{ kg/kmol}$$

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

Asumsi dalam Perancangan Reaktor

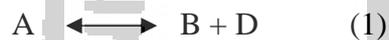
Perhitungan pada reaktor menggunakan model plug flow yang melewati tumpukan katalis. Asumsi-asumsi yang digunakan antara lain :

1. Kondisi steady state
2. Tidak ada gradien komposisi, tekanan, dan suhu di arah radial.
3. Partikel katalis dianggap seragam sepanjang pipa
4. Kapasitas panas gas dianggap sama di setiap posisi

Reaksi



Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah



Data Katalis

Nama katalis = *Alumina Chormina*

Porositas katalis, $\phi = 0,8$

Diameter katalis, $d_p = 0,16 \text{ cm}$

Densitas katalis, $\rho_k = 889 \text{ kg/m}^3$

Kontrol reaksi yaitu pada reaksi 1. Adapun data kinetika reaksi untuk reaksi (1)

yaitu

$$k = 3,46 \times 10^4 \exp\left(-\frac{10900}{T}\right) \frac{\text{kmol}}{\text{kg katalis.jam.MPa}}$$

$$K_p = 4,74 \times 10^9 \exp\left(-\frac{19044}{T}\right) \text{ MPa}$$

$$(-r_A') = k\left(P_A - \frac{P_B P_D}{K_p}\right)$$

$$P_{\text{total}} = 15 \text{ atm} = 1,52 \text{ MPa}$$

Tabel stoikiometri untuk masing-masing reaksi

	A	B	D
<i>Mula</i>	FA0	0	0
<i>Reaksi</i>	FA0.x	FA0.x	FA0.x
<i>Sisa</i>	FA0.(1-x)	FA0.x	FA0.x

	B	C	D
<i>Mula</i>	FA0.x	0	FA0.x
<i>Reaksi</i>	0,95.FA0.x	0,95.FA0.x	0,95.FA0.x
<i>Sisa</i>	0,05.FA0.x	0,95.FA0.x	1,95.FA0.x

$$F_{total} = F_A + F_B + F_C + F_D$$

$$F_{total} = F_{A0}(1 + 1,95.x)$$

Neraca Massa di Reaktor (*steady state*)

Neraca Massa A pada elemen volume

input - output - reaksi = akumulasi

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} - r_1 (S \Delta z \rho_B) = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F_A|_{z+\Delta z} - F_A|_z}{\Delta z} = -r_A S \rho_B$$

$$\frac{dF_A}{dz} = -r_A S \rho_B$$

$$F_{A0} \frac{dx}{dz} = -r_A \frac{\pi}{4} D^2 \rho_B$$

Neraca Energi di Reaktor (*steady state*) pada elemen volume

input - output - panas diambil - panas reaksi = akumulasi

$$\sum F_i c p_i (T - T_{ref})|_z - \sum F_i c p_i (T - T_{ref})|_{z+\Delta z} - Q \Delta z - \Delta H_r r_A \Delta z \cdot \rho_B = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\sum F_i c p_i (T - T_{ref})|_{z+\Delta z} - \sum F_i c p_i (T - T_{ref})|_z}{\Delta z} = -Q - \Delta H_r r_A \cdot \rho_B$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{-Q - \Delta H_r r_A \rho_B}{\sum F_i c p_i}$$

$$Q = U \pi D (T_s - T)$$

```

function TA_Fixed_Bed_Reactor_2

global T0 PT dHr Cp FIO FA0 U D rho Ts

%data
T0=627+273.15; %Kelvin
PT=1.52; %MPa
dHr=12800; %J/mol
Cp=2.2; %kJ/kg/K
FIO=17.27; %kmol/hr
FA0=345.44; %kmol/hr
rho=889; %kg/m3
D=1.5; %m
Ts=700+273.15; %Kelvin
U=32000; %J/K/jam/m2

zspan=linspace(0,5,51);

[z y]=ode15s(@odefun,zspan,[0 T0]);
z=z; %Tinggi Catalyst Bed
x=y(:,1); %Konversi
TK=y(:,2); %suhu dalam Kelvin
TC=TK-273.15.*ones(length(zspan),1); %suhu dalam
Celcius
Tinggi_Konversi_Temperatur=[z x TC]

```

```
figure(1)
plot(z,x)
title('Konversi Sepanjang Reaktor')
xlabel('z, m')
ylabel('X, -')
grid on
```

```
figure(2)
plot(z,TC)
title('Suhu Gas di Dalam Reaktor')
xlabel('z, m')
ylabel('T, C')
grid on
end
```

```
function dydz=odefun(w,y)
```

```
global T0 PT dHr Cp FIO FA0 U D rho Ts
```

```
x=y(1);
```

```
T=y(2);
```

```

FI=FI0;

FA=FA0.*(1-x);

FB=0.05*FA0.*x;

FC=0.95*FA0.*x;

FD=1.95*FA0.*x;

FT=FI+FA+FB+FC+FD;

sigmaFiCpi=(FI0*58+FA0*58).*Cp %Mr E = 58; Mr A = 58

PA=FA./FT.*PT;

PB=FB./FT.*PT;

PD=FD./FT.*PT;

k=3.46*10^4*exp(-10900./T); %kmol/kg
katalis/jam/MPa

K=4.74*10^9*exp(-19044./T); %MPa T in Kelvin

dQdz=U.*pi().*D.*(Ts-T);

rA=-k.*(PA-1./K.*PB.*PD);

dxdz=-rA./FA0.*rho.*pi()./4.*D.*D;

dTdz=(-dHr*(-

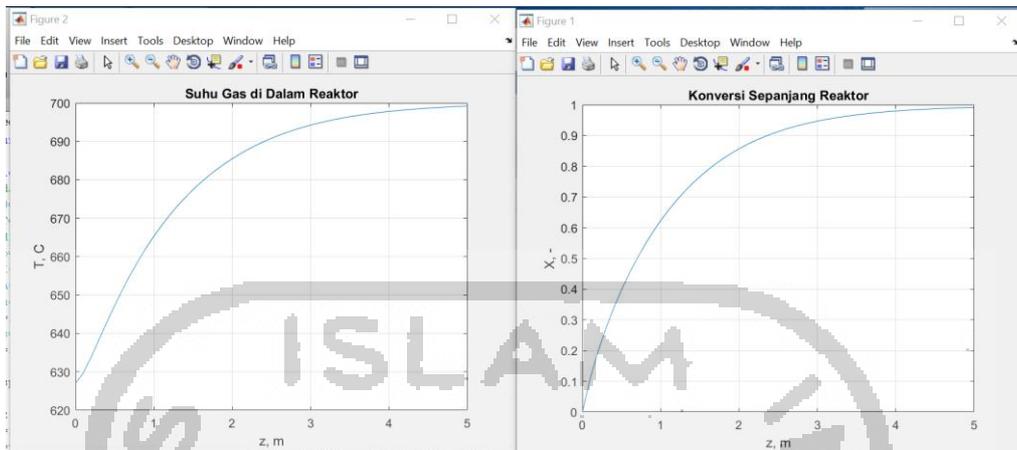
rA).*rho.*pi()+dQdz)./4.*D.*D./sigmaFiCpi;

dydz=[dxdz

dTdz];

end

```



Perhitungan Kebutuhan Katalis

Diameter reaktor : 1,5 m
 Tinggi bed katalis : 3,1 m
 Porositas : 0,8
 Tinggi reaktor : 3,875 m
 V reaktor : 5,48
 Kebutuhan katalis : 4872 kg

Perhitungan Kebutuhan Steam

Umpan

Massa : 21.037,3 kg/jam

Cp : 4,495 J/kg/K

Tin : 627oC

Tin steam : 700oC

Tout : 695oC

Tout steam : 650oC

Qfluida : 6.430.238 J/Jam

Hsteam : 3928kJ/kg

Coeficient heat transfer : 320000 Joule/m²/K Massa steam : 1,637 kg/jam

Dimensi Dalam Reaktor (Berisi Katalis)

Pin	: 15 atm
Tin	: 627°C
R	: 0,75 m
Tebal reaktor	: ID reaktor = 1,5 m OD reaktor = 60,805 in
P	: 11400 mmHg = 220,5 psia
Popt	: 242,55 psia
E	: 13250 psia
f	: 0,85
CA	: 0,1575 in
ts	: 0,8750 in

Perhitungan Jacket Reaktor

Jaket reaktor digunakan untuk memasukkan fluida pemanas (superheated) pada kondisi 10kPa dengan suhu 700°C. Steam digunakan untuk menjaga konversi agar mencapai konversi 90% karena reaksi didalam reaktor merupakan reaksi endotermis, sehingga membutuhkan pemanas. Diasumsikan suhu keluar steam sama dengan suhu keluar fluida didalam reaktor.

Total kebutuhan steam	: 1.637 kg/jam
V steam	: 44,911 m ³ /kg
Densitas steam	: 0,022 kg/m ³
Volumetric of steam	: 73,520 m ³ /jam

Tinggi jaket : 3,1 m
 D reaktor : 1,5 m
 D jaket : 5,70 m

Dimensi Luar Reaktor

Pin : 0,0987 atm
 Tin : 700oC
 D luar : 5,70 m = 224 in
 R : 2,85 m = 112 in

$$t_n = \frac{P D}{2 f E - 0,2 P} + CA$$

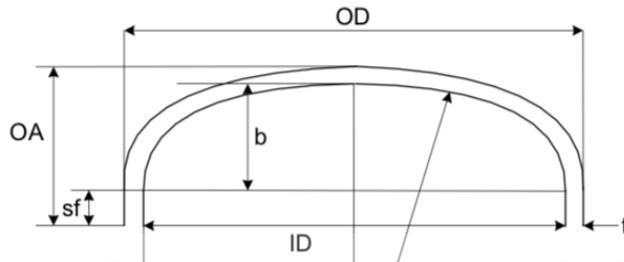
Tinggi head = b + sf + th

- **Perhitungan Tebal Head**

E : 16679,4 lb/in²
 f : 1
 CA : 0,1575
 th : 0,75 in

- **Perhitungan Tinggi Head**

a : 112 in
 a/b : 2
 b : 56,08 in
 sf : 4 in
 Tinggi head : 60,83 in
 1,55 m



dengan

t = tebal head, in

sf = straight flange, in

r = jari-jari dish, in

OD = diameter luar head, in

OA = tinggi head, in

ID = diameter dalam head, in

a = jari-jari head, in

Perlengkapan Reaktor

Man hole berfungsi sebagai jalan masuk orang kedalam reaktor, umumnya digunakan untuk membersihkan bagian reaktor. Man hole terletak pada bagian atas menara dekat lubang pemasukan gas. Dipilih man hole dengan diameter 24 in. Dimensi flange mengikuti standar API 12C.

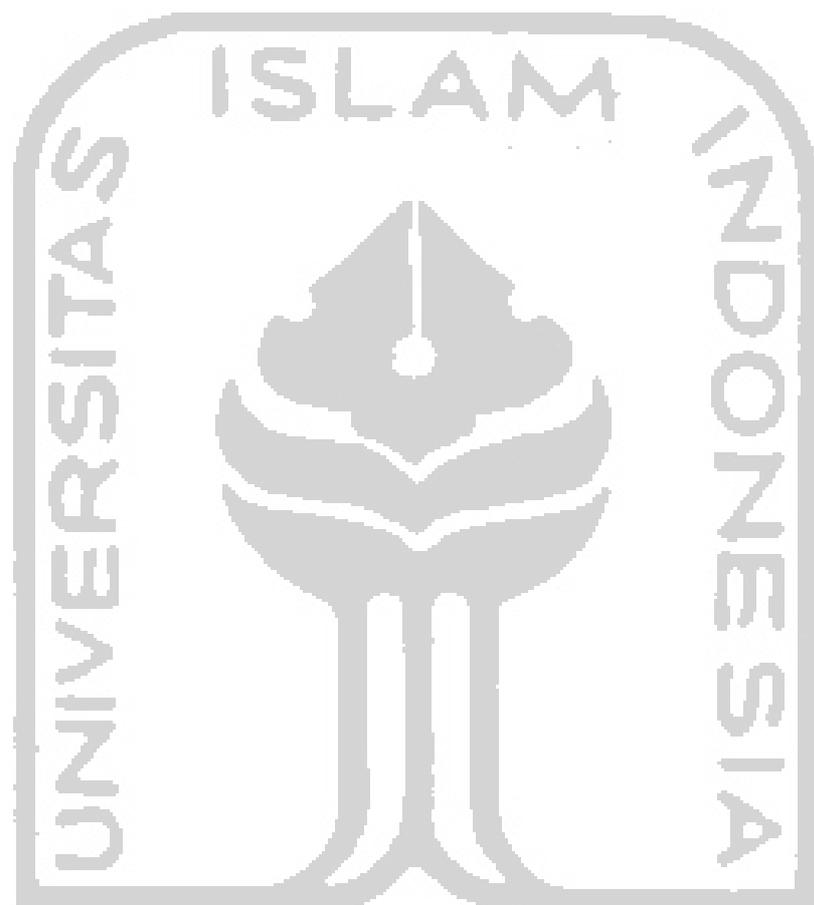
Spesifikasi man hole yang digunakan adalah (Brownel dan young, 1979)

Ukuran : 24 in

Diameter luar flange : 32 in

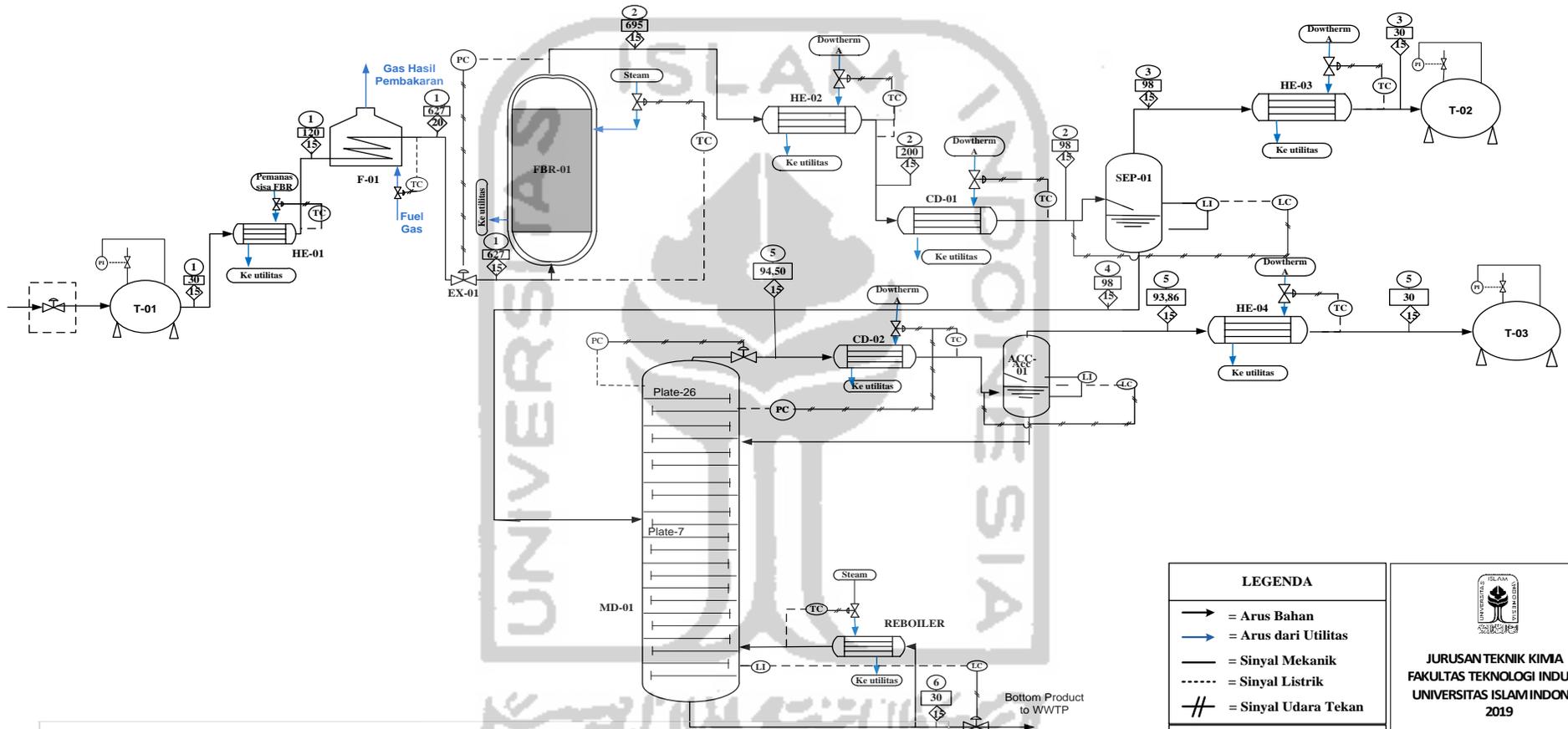
Tebal : 1,5 in

Diameter luar : 27,25 in



جامعة الإسلام في إندونيسيا

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
Prarancangan Pabrik 1,3-Butadiena Kapasitas 125.000 Ton/Tahun Dari N-Butana



Neraca Massa Total

Komponen	No. Arus (Kg/Jam)					
	1	2	3	4	5	6
nC4H10	20035,520	2003,550		2003,550	20,040	1983,510
iC4H10	1001,780	1001,780		1001,780	200,360	801,420
C4H8		870,510		870,510	174,100	696,410
C4H6		15948,960		15948,960	15470,490	478,470
H2		1212,500	1212,500			
Total	21037,300	21037,300	1212,500	19824,800	15864,990	3959,810

SIMBOL	ALAT
T	Tangki
F	Furnace
HE	Heater
R	Reaktor
CD	Condensor Partial
SEP	Separator
MD	Menara Distilasi
ACC	Accumulator
RB	Reboiler

LEGENDA	
	= Arus Bahan
	= Arus dari Utilitas
	= Sinyal Mekanik
	= Sinyal Listrik
	= Sinyal Udara Tekan
	= Nomor Arus
	= Suhu, °C
	= Tekanan, atm
	= Level Indicator
	= Level Controller
	= Temperatur Indicator
	= Temperatur Controller
	= Pressure Indicator



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2019

Disusun Oleh:

1. Reza Perdana (14521146)
 2. Seto Yusuf Nugroho (14521303)

Dosen Bimbingan:

1. DR. Suharno Rusdi
 2. Venitalitya Alethea Augustia, ST, M.Eng