

PRA RANCANGAN PABRIK
BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Renita Julia Trisnawati

NIM : 20521099

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Renita Julia Trisnawati

NIM : 202521099

Yogyakarta, 03 Juni 2025

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

Tanda Tangan

A handwritten signature in black ink is written over a yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METERAI TEMPEL', and a barcode with the number '1401F7AMX236045024'.

(Renita Julia Trisnawati)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN

ASAM ASETAT KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Renita Julia Trisnawati

NIM : 20521099

Yogyakarta, 03 Juni 2025

Pembimbing,



3/25
06

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK. 175210102

الجامعة الإسلامية
الاستاذ المساعد

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM

ASETAT KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Renita Julia Trisnawati

NIM : 20521099

Telah Dipertahankan Di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Dari Program Studi
Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
Yogyakarta, 05 Agustus 2025

Tim Penguji

Muflih Arisa Adnan, S.T.,M.Sc.,Ph.D

Ketua

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

Anggota I

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

Anggota II


12-Aug-2025
06/08/2025
12/8/25

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIK : 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Hidayah, serta Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT *DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT* DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN”**. Tugas akhir ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku perkuliahan dan untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Sutrisno dan Ibu Solichatun selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental, serta tak lupa atas doa yang selalu dipanjatkan untuk penulis agar mendapatkan kelancaran saat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, memberikan saran dan masukan serta semangat kepada penulis dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh teman - teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 terutama sahabat penulis yang selalu menemani, memberi masukan, dukungan, bantuan dan semangat kepada penulis (Lana, Zhafran, Rofid, Abiyyu, Ardian, Revi, Bagus, Aqil, Angel, Jovanka, Tiara) dan teman – teman diluar Teknik Kimia (Yusuf Rizal, Hangek, Pejal, Sagita, Nuryanti, Elza , Syifa, Sinta) dan tentunya banyak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa didalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membantu untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 20 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka	7
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	16
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	22
2.1 Spesifikasi Produk.....	22
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	25
2.3 Pengendalian Kualitas.....	26
BAB III PERANCANGAN PROSES	32
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	32
3.2 Uraian Proses	34
3.3 Spesifikasi Alat.....	40
3.4 Neraca Massa	57
3.5 Neraca Panas	60
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	64
4.1 Lokasi Pabrik	64

4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	69
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	73
4.4	Tata Letak Alat Proses.....	75
4.5	Organisasi Perusahaan	78
BAB V UTILITAS		100
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	103
5.2	Unit Penyediaan Steam	107
5.3	Unit Penyediaan Listrik.....	109
5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	113
5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	113
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	113
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas.....	115
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....		126
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	127
6.2	Dasar Perhitungan	135
6.3	Komponen Biaya.....	135
6.4	Analisa Keuntungan	139
6.5	Analisa Kelayakan	140
6.6	Analisis Resiko Pabrik	144
BAB VII PENUTUP		150
7.1	Kesimpulan	150
7.2	Saran.....	151
DAFTAR PUSTAKA.....		153

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data impor butil asetat	3
Tabel 1. 2 Ekspor butil asetat	5
Tabel 1. 3 Kapasitas pabrik butil asetat di dunia.....	6
Tabel 1. 4 Sumber bahan baku dan katalis	7
Tabel 1. 5 Pertimbangan proses pembuatan butil asetat	12
Tabel 1. 6 Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 366 K.....	17
Tabel 2. 1 Sifat fisis produk, bahan baku, dan bahan pendukung.....	22
Tabel 3. 1 Kebutuhan bahan baku	39
Tabel 3. 2 Spesifikasi reaktor	40
Tabel 3. 3 Spesifikasi filter.....	42
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>rotary dryer</i>	43
Tabel 3. 5 Spesifikasi menara distilasi	44
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>condensor</i>	45
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>accumulator</i>	46
Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>reboiler</i>	47
Tabel 3. 9 Spesifikasi silo.....	48
Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>screw conveyor</i>	49
Tabel 3. 11 Spesifikasi tangki bahan baku dan produk.....	50
Tabel 3. 12 Spesifikasi <i>heat exchanger</i>	51
Tabel 3. 13 Spesifikasi <i>cooler</i>	53
Tabel 3. 14 Spesifikasi pompa.....	54
Tabel 3. 15 Neraca massa Reaktor (R-01)	57
Tabel 3. 16 Neraca massa Reaktor-02 (R-02)	57
Tabel 3. 17 Neraca massa pada Filter (F-01)	58
Tabel 3. 18 Neraca massa pada <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	58
Tabel 3. 19 Neraca massa pada Menara Distilasi (MD-01)	58
Tabel 3. 20 Neraca massa pada Accumulator.....	59
Tabel 3. 21 Neraca massa pada Reboiler	59

Tabel 3. 22 Neraca panas pada Reaktor	60
Tabel 3. 23 Neraca panas pada Filter (F-01)	60
Tabel 3. 24 Neraca panas pada <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	60
Tabel 3. 25 Neraca panas pada Menara Distilasi (MD-01)	61
Tabel 3. 26 Neraca panas pada <i>Heater-01</i> (HE-01)	61
Tabel 3. 27 Neraca panas pada <i>Heater-02</i> (HE-02)	61
Tabel 3. 28 Neraca Panas pada <i>Heater-03</i> (HE-03)	62
Tabel 3. 29 Neraca panas pada <i>Heater-04</i> (HE-04)	62
Tabel 3. 30 Neraca panas pada <i>Cooler-01</i> (CL-01)	62
Tabel 3. 31 Neraca panas pada <i>Cooler-02</i> (CL-02)	63
Tabel 4. 1 Perincian luas bangunan pabrik	72
Tabel 4. 2 Jadwal pembagian kelompok <i>shift</i>	94
Tabel 4. 3 Rincian penggolongan jabatan	95
Tabel 4. 4 Rincian gaji sesuai jabatan	96
Tabel 5. 1 Kebutuhan air pembangkit <i>steam</i> /pemanas	105
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Proses Pendingin <i>Cooling Water</i>	106
Tabel 5. 3 Total kebutuhan air	107
Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik alat proses	110
Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik utilitas	111
Tabel 5. 6 Rincian kebutuhan listrik	112
Tabel 5. 7 Spesifikasi pompa utilitas	115
Tabel 5. 8 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas	116
Tabel 5. 9 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas	117
Tabel 5. 10 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas	118
Tabel 5. 11 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas	119
Tabel 5. 12 Spesifikasi bak utilitas	120
Tabel 5. 13 Spesifikasi tangki utilitas	121
Tabel 5. 14 Lanjutan spesifikasi tangki utilitas	122
Tabel 5. 15 Spesifikasi saringan utilitas	123
Tabel 5. 16 Spesifikasi <i>cooling tower</i> utilitas	124
Tabel 5. 17 Spesifikasi <i>deaerator</i>	124

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1998 – 2030	128
Tabel 6. 2 Harga alat proses	131
Tabel 6. 3 Harga alat utilitas.....	133
Tabel 6. 4 <i>Physical plant cost</i> (PPC).....	136
Tabel 6. 5 <i>Direct plant cost</i> (DPC).....	136
Tabel 6. 6 <i>Fixed capital investment</i> (FCI).....	136
Tabel 6. 7 <i>2.Working Capital Investment</i> (WCI).....	136
Tabel 6. 8 <i>Direct Manufacturing cost</i> (DMC).....	137
Tabel 6. 9 <i>Indirect Manufacturing cost</i> (IMC).....	138
Tabel 6. 10 <i>Fixed Manufacturing cost</i> (FMC)	138
Tabel 6. 11 <i>Total Manufacturing cost</i>	138
Tabel 6. 12 <i>General expense</i> (GE)	139
Tabel 6. 13 <i>Total production cost</i>	139
Tabel 6. 14 <i>Annual fixed Manufacturing cost</i> (Fa)	142
Tabel 6. 15 <i>Annual regulated expenses</i> (Ra).....	142
Tabel 6. 16 <i>Annual variable value</i> (Va).....	142
Tabel 6. 17 <i>Identifikasi Hazard</i>	146
Tabel 7. 1 <i>Evaluasi ekonomi dan Analisis kelayakan</i>	151

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan impor butil asetat	4
Gambar 1. 2 Grafik kebutuhan impor butil asetat	5
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif	32
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif	33
Gambar 4. 1 Peta lokasi pabrik	64
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> pabrik Butil Asetat dengan skala 1;100.....	73
Gambar 4. 3 <i>Layout</i> alat proses (skala 1 : 1000).....	78
Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan pabrik butil asetat.....	84
Gambar 5. 1 Diagram pengolahan air utilitas	101
Gambar 6. 1 Grafik regresi linear	129
Gambar 6. 2 Grafik evaluasi ekonomi	149

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perancangan Reaktor	156
Lampiran 2 Design Reaktor	174
Lampiran 3 <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (Pfd)	176
Lampiran 4 Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik	178

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	:	<i>Temperature</i> , °C
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
P	:	Tekanan, psia
μ	:	Viskositas, cP
ρ	:	Densitas, kg/m ³
Q	:	Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	:	Luas Penampang, m ²
V	:	Volume, m ³
t	:	Waktu, jam
M	:	Massa, Kg
Fv	:	Laju Volumetrik, m ³
R	:	Jari- jari, in
P	:	<i>Power motor</i> , Hp
ts	:	Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	:	<i>Pressure drop</i> , psia
ID	:	<i>Inside</i> diameter, in
OD	:	<i>Outside</i> diameter, in
Th	:	Tebal <i>head</i> , in
Re	:	Bilangan Reynold
f	:	<i>Allowable stress</i> , psia

icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
UD	:	Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> HE, Btu/jam ft ² °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
x	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tatapan konstan gas
Fv	:	Laju alir, m ³ /jam
Sg	:	<i>Specific gravity</i>
LMTD	:	<i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

ABSTRAK

Pabrik butil asetat dibangun menggunakan bahan baku Asam Asetat dan Butanol yang direncanakan memiliki kapasitas produksi sebesar 35.000 ton per tahun, hal ini didasarkan pada pertimbangan kapasitas ekonomi untuk pembangunan pada tahun 2029. Pabrik ini dirancang dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan butil asetat di dalam negeri serta mengurangi angka impor butil asetat di Indonesia. Proses pembuatan butil asetat dilakukan dalam reaktor jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Proses ini terjadi dalam fase cair-cair selama 1,5 jam dengan tingkat konversi mencapai 95% pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu 93°C.

Pabrik butil asetat direncanakan didirikan di daerah Jl. Pulau Tirang Tampak, Tugurejo, Kec. Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah (*low risk*) karena kondisi operasi relatif rendah. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 293.893.901.993/tahun dan keuntungan setelah pajak 25% sebesar Rp 220.420.426.494,7/tahun. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 32 % dan setelah pajak 24 %. *Pay Out Time* sebelum pajak selama 2,5 tahun dan setelah pajak selama 3,1 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46,40%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30,79%.

Kata Kunci: Butil Asetat, Fase, Kondisi Operasi, *Low Risk*, RATB

ABSTRACT

Butyl Acetate Plant is built using raw materials of Acetic Acid and Butanol which is planned to have a production capacity of 35,000 tons per year, this is based on consideration of economic capacity for development in 2029. This plant is designed with the aim of meeting the needs of butyl acetate in the country and reducing the number of butyl acetate imports in Indonesia. The process of making butyl acetate is carried out in a Continuous Flow-Stirred Tank Reactor (CSTR) type reactor. This process occurs in the liquid-liquid phase for 1.5 hours with a conversion rate of 95% under conditions of 1 atm pressure and 93°C temperature.

The butyl acetate plant is planned to be established at Jl. Pulau Tirang Tampak, Tugurejo, Kec. Tugu, Semarang City, Central Java. This plant is classified as a low risk plant because the operating conditions are relatively low. The economic analysis of this plant shows a profit before tax of Rp 293,893,901,993/year and a profit after 25% tax of Rp 220,420,426,494.7/year. Percent Return On Investment (ROI) before tax 32% and after tax 24%. Pay Out Time before tax for 2.5 years and after tax for 3.1 years. Break Even Point (BEP) of 46.40%, and Shut Down Point (SDP) of 30.79%.

Keywords: Butyl Acetate, Phase, Operating Conditions, Low Risk, CSTR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini berada pada tahapan penting dalam proses memasuki era industrialisasi. Suatu keadaan dimana sektor industri dapat tumbuh dan berkembang karena tersedianya berbagai sumber modal utama. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi juga sangat mempengaruhi pertumbuhan industri Indonesia. Industri kimia merupakan salah satu industri yang sedang berkembang. Menurut Badan Pusat Statistik (2024), kebutuhan bahan baku petrokimia dalam negeri akan terus meningkat. Namun peningkatan permintaan konsumen tidak dibarengi dengan produksi bahan kimia dalam negeri sehingga negara kita harus mengimpor bahan baku dari negara manufaktur maju.

Nilai impor akan terus meningkat setiap tahunnya jika permasalahan ini tidak diatasi. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia harus melakukan pembangunan di berbagai sektor, termasuk sektor industri, dengan memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pendirian pabrik-pabrik kimia. Salah satu pabrik kimia Indonesia yang saat ini belum cukup memenuhi kebutuhan dalam negeri adalah butil asetat. Sedangkan butil asetat merupakan produk yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan industri. Oleh karena itu, pendirian pabrik butil asetat sangat tepat mengingat keluaran butil asetat di Indonesia masih belum memenuhi kebutuhan produksi sehingga mengurangi impor dari negara lain.

Butil asetat merupakan produk yang berpotensi untuk dikembangkan karena kegunaannya yang luas. Butil asetat dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_2$ merupakan pelarut penting dalam industri kimia dengan titik didih tinggi dan polaritas sedang. Butil asetat banyak digunakan sebagai pelarut aktif untuk bahan pembentuk film former seperti selulosa nitrat, selulosa asetobutirat, etil selulosa, karet terklorinasi, polistirena dan resin metakrilat. Sebagai lapisan pelindung, butil asetat dapat digunakan sebagai pelarut pada kerajinan kulit sintesis, tekstil, farmasi, industri plastic, dan lain sebagainya. Kegunaan lainnya adalah sebagai bahan pewangi dan sebagai komponen aroma sintetis seperti aprikot, pisang, pir, nanas, delima, dan raspberry (Mc Ketta, 1977).

Dengan pendirian pabrik butil asetat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan butil asetat di dalam negeri serta mengurangi angka impor butil asetat di Indonesia. Dengan pendirian pabrik butil asetat ini pula diharapkan dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi angka pengangguran di Indonesia, selain itu juga dapat mendorong perkembangan serta pembangunan industri lain yang menggunakan butil asetat sebagai bahan baku di dalam prosesnya.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik butil asetat yang akan dibangun menggunakan bahan baku *Asam Asetat* dan *Butanol* ini direncanakan memiliki kapasitas produksi sebesar 35.000 ton per tahun, yang didasarkan pada pertimbangan kapasitas ekonomi

untuk pembangunan pada tahun 2029. Penentuan kapasitas produksi ini mempertimbangkan beberapa faktor penting, antara lain:

1.2.1 Kebutuhan / Pemasaran Produk di Indonesia

Analisis kebutuhan butil asetat di Indonesia dapat dilakukan melalui data impor, ekspor, dan konsumsi dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia masih mengimpor butil asetat dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

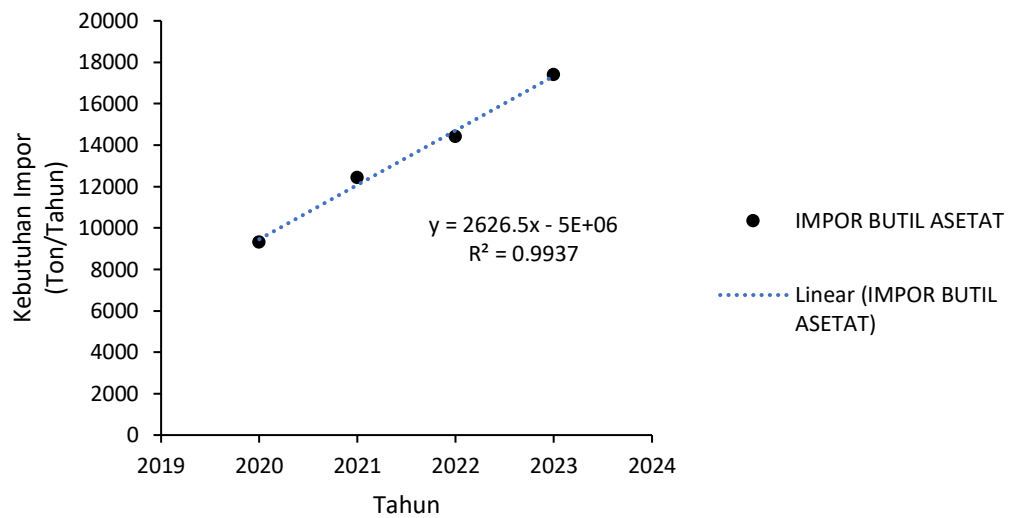
a. Data Impor Butil Asetat di Indonesia

Berikut ini adalah tabel yang memuat data impor butil asetat di Indonesia yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik tahun 2024, yang dapat memberikan gambaran mengenai besarnya kebutuhan butil asetat di Indonesia. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1:

Tabel 1. 1 Data impor butil asetat

Tahun	Import (Ton/Tahun)
2020	93,22
2021	124,20
2022	144,22
2023	174,10

Dari data tabel tersebut dapat dibuat grafik antara tahun (x) dan jumlah produksi (y). Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1:



Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan impor butil asetat

Berdasarkan Gambar 1.1. terlihat bahwa kebutuhan impor butil asetat di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat.

Dari Gambar 1.1 didapatkan persamaan :

$$y = 26,265 x - 52960 \quad (1.1)$$

dengan,

y = Impor butil asetat

x = Tahun ke-n

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka diperoleh impor butil asetat di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 331,69 Ton/tahun.

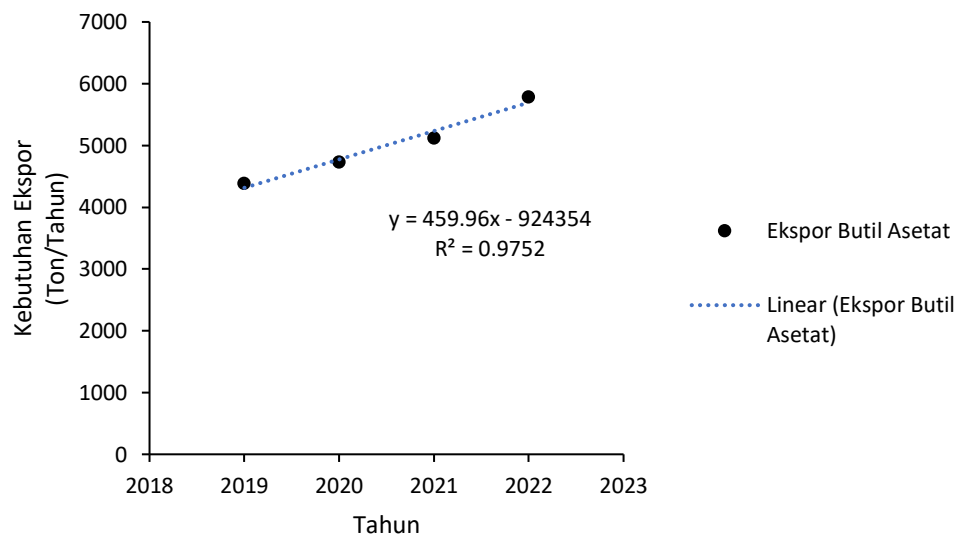
b. Data Ekspor Butil Asetat

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik terkait ekspor butil asetat oleh Indonesia pada tahun 2020 – 2023 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 2 Ekspor butil asetat

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2020	43,81
2021	47,30
2022	51,22
2023	57,84

Dari data Tabel tersebut dapat dibuat grafik antara tahun (x) dan jumlah produksi (y). Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2:

**Gambar 1. 2** Grafik kebutuhan impor butil asetat

Berdasarkan Gambar 1.2. terlihat bahwa kebutuhan ekspor butil asetat di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat.

Dari Gambar 1.2 didapatkan persamaan :

$$y = 4,5996 x - 9243,5 \quad (1.2)$$

dengan,

y = Ekspor butil asetat

x = Tahun ke-n

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka diperoleh ekspor butil asetat oleh Indonesia pada tahun 2029 sebesar 89,10 Ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas Komersial

Untuk menentukan ukuran kapasitas pabrik yang akan dirancang, kita perlu memahami dengan jelas kapasitas pabrik butil asetat yang sudah beroperasi, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Baru terdapat satu pabrik butil asetat di dalam negeri yang sudah berdiri, yaitu PT. Continental Solvindo / Buana Solvindo dengan kapasitas 20.000 Ton/tahun. Data informasi mengenai pabrik-pabrik butil asetat di dalam negeri maupun di luar negeri berdasarkan data dari Independent Chemical Information Service / ICIS terkait produksi butil asetat dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Kapasitas pabrik butil asetat di dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton /tahun)
Shiny	Kaohsiung, Taiwan	60.000
PT Continental Solvindo	Cilegon, Banten, Indonesia	20.000
Dmitrievsky Chemical Plant	Kineshman, Russia	36.000
INEOS	Antwerp, Belgium	95.000

Konsumsi butil asetat di Indonesia diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya akibat adanya pengembangan ataupun pembangunan industri – industri di Indonesia yang didasarkan pada data Badan Pusat Statistik. Dengan pertimbangan antara lain ketersediaan bahan, pemenuhan kebutuhan butil asetat di Indonesia, serta melihat dari

kapasitas pabrik yang telah berdiri maka ditetapkan kapasitas rancangan sebesar 35.000 Ton/tahun dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi angka impor dari negara lain, mendorong adanya pembangunan serta pengembangan industri yang menggunakan bahan baku butil asetat, dan membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama untuk pabrik butil asetat yaitu butanol dan asam asetat dengan bantuan katalis amberlyst 15. Sumber bahan baku butil asetat dapat dilihat pada Tabel 1.4:

Tabel 1. 4 Sumber bahan baku dan katalis

No	Produk	Nama Pabrik	Kapasitas
1.	Butanol (C_4H_9OH) Kemurnian 99%	PT. Petro Oxo Nusantara Gresik	100.000 MT/tahun
2.	Asam Asetat (CH_3COOH) Kemurnian 99%	PT. Indo Acidatama Tbk Surakarta	33.000 Ton/tahun
3.	Amberlyst 15 Kemurnian 99%	Jinan Boss Chemical Industry Co., Ltd. China	Supplier

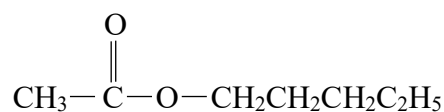
1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Butil Asetat

Butil asetat merupakan salah satu bentuk dari ester asam karboksilat atau biasa disebut ester jenuh. Ester asam karboksilat yaitu suatu senyawa yang mengandung gugus $-CO_2R$ dengan R dapat berbentuk alkil maupun aril. Ester karboksilat dapat dibuat dengan

mereaksikan suatu asam karboksilat dan suatu alkohol untuk membentuk ester dan air. Reaksi ini disebut dengan reaksi esterifikasi. (Fessenden dan Fessenden, 1999)

Ada empat macam butil asetat yaitu butil asetat, iso-butil asetat, sec-butil asetat dan tert-butil asetat. butil asetat merupakan senyawa yang diperoleh dari proses esterifikasi asam asetat dan butanol melalui proses batch maupun kontinyu. Butil asetat mempunyai rumus kimia $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ dengan berat molekul 116,16 gram/mol merupakan cairan yang tidak berwarna dengan karakteristik berasa dan berbau buah. (MCKetta, 1977). Berikut molekul dari butil asetat:



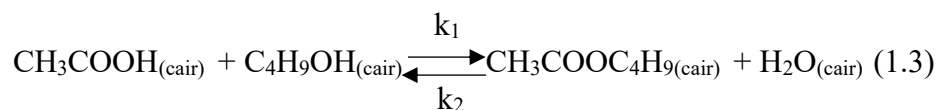
Gambar 1. 3 Molekul butil asetat

1.3.2 Pemilihan Proses Butil Asetat

Butil asetat dapat diproduksi secara komersial melalui berbagai metode yang secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Pada umumnya proses utama dalam pembuatan butil asetat adalah proses esterifikasi asam asetat dan butanol. Esterifikasi merupakan proses pembuatan ester hasil reaksi dari alkohol dan asam karboksilat dengan air sebagai hasil sampingnya.

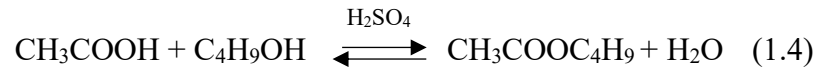
Berikut merupakan reaksi pembentukan n- butil asetat dari asam asetat dan n-butanol:



Terdapat beberapa proses pembuatan n-butil asetat yang telah dikembangkan sebagai berikut:

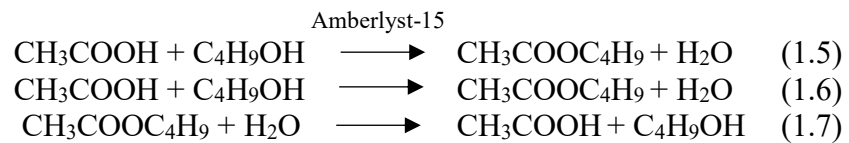
a. Proses Batch

Asam asetat beserta n-butanol diumpankan ke dalam reaktor dengan suhu proses mencapai (175-220°C). Ketika telah di dapatkan suhu reaksi, asam sulfat sebagai katalisator dimasukkan untuk mempercepat reaksi pembentukan n-butil asetat. Setelah proses reaksi di dalam reaktor, hasil dari reaksi tersebut seluruhnya diumpankan ke dalam menara distilasi untuk memisahkan produk dengan katalis dan sisa reaktan. Hasil atas yang terkondensasi sebagai distilat akan masuk ke dekanter. Sementara hasil bawah akan diumpankan kembali untuk siklus selanjutnya. Distilat yang masuk ke dalam dekanter membentuk rrefluks di dalam kolom distilasi, sementara butil asetat dan air dialirkan menuju flash coloumn untuk separasi lebih lanjut. Kemudian air yang terpisah diolah dipengolahan limbah dan butil asetat dialirkan menuju tangki penyimpanan. Pada proses esterifikasi batch ini, konversi produk mencapai 95%, pada saat konversi mencapai 90% laju reaksi akan melambat secara substansial dan memerlukan waktu setengah dari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konversi 90% agar konversi naik sebesar 4-5% sehingga mencapai konversi 95% (De Munck et al.,2011).



b. Proses Kontinyu

Pada proses pembuatan butil asetat secara kontinyu dilakukan secara terus-menerus. Semua bahan yaitu butanol, asam asetat, dan katalis asam diumpahkan ke dalam reaktor dengan jumlah tertentu. Kemudian campuran tersebut dipanaskan menggunakan steam dengan suhu $90^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Sebelum masuk reaktor, reaktan dipanaskan terlebih dahulu sampai pada suhu yang diinginkan. Proses esterifikasi ini merupakan reaksi eksotermis, maka diperlukan pendingin (Mc Ketta, 1977).



Agar reaksi kedua (reaksi butil asetat dan air terurai menjadi asam asetat dan butanol) tidak berlangsung, maka perbandingan reaktan dan katalis serta kondisi operasi harus tepat. Saat reaksi berjalan di reaktor diusahakan air menguap, alternatif lain adalah menguapkan air pada proses distilasi dan mengembalikan materi yang tidak menguap ke reaktor (*recycle*). Setelah reaksi selesai, produk yang dihasilkan yaitu $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, H_2O , dan sisa reaktan CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ serta katalis Amberlyst-15. Misalkan air bisa teruapkan sebagian di reaktor, maka yang keluar dari reaktor adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, Amberlyst-15, dan sedikit H_2O . Kemudian dilakukan distilasi, sebagai hasil atas adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, H_2O , dan

Amberlyst-15. Sedangkan hasil bawah adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ dan H_2O . Lalu dilakukan pengendapan dan diambil produknya. Produk yang dihasilkan bisa mencapai kemurnian hingga 95%.

c. *Proses Reactive Distillation*

Reactive Distillation (RD) adalah salah satu metode untuk memproduksi butil asetat. RD menggabungkan proses reaksi dan pemisahan dalam satu alat berbentuk kolom. Proses dapat dijalankan baik secara batch maupun kontinyu. Awalnya asam asetat dan n-butanol diumpankan menuju mixer, kemudian setelah itu masuk ke dalam kolom distilasi reaktif, dimana campuran akan bereaksi, dibantu dengan katalis berupa ion exchange resin (Amberlyst-15). Kolom dipanaskan dengan boiler dibagian bawah kolom. Terdapat 3 bagian utama pada kolom ini yang terdiri dari 1 *reactive zone* dan 2 *non-reactive zone*. Produk n-butil asetat keluar sebagai produk bawah, sedangkan produk atas merupakan campuran azeotrop yang merupakan komponen organik yang terdiri dari n-butanol, air, dan n-butil asetat yang akan melalui separator untuk dilakukan pemisahan dengan air yang masih mengandung sedikit asam asetat dan n-butanol. Komponen organik dikembalikan sebagai refluks setelah terpisah dengan campuran air tadi. Dengan proses ini n-butil asetat yang dihasilkan dapat mencapai kemurnian 96,01% dengan dalam kolom sebesar 0,69 atm. Parameter operasional pada proses ini yaitu pada suhu 150-200°C dan tekanan 1-

80 atm. (Bessling et al.,1999; Tian et al.,2012).

Tabel 1. 5 Pertimbangan proses pembuatan butil asetat

Parameter	Proses		
	Batch	Kontinyu	<i>Reactive Distillation</i>
Konversi	75 -80%	95%	96 – 99%
Tekanan (atm)	1	1	1 – 80
Suhu Operasi (°C)	175 – 220	90 - 100	150 - 200
Reaktor	RTB	RATB	Reaktif Distilasi
Biaya Operasi	Kecil	Sedang	Besar
Kapasitas	Kecil	Besar	Besar
Kelebihan	Dapat digunakan untuk kapasitas kecil. Dalam satu plant dapat menghasilkan lebih dari produk utama.	Dapat digunakan untuk kapasitas besar dan waktu reaksi lebih singkat.	Kemurnian butil asetat yang diperoleh lebih tinggi. Alat yang digunakan sedikit.
Kekurangan	Waktu reaksi sangat lama. Tidak cocok untuk kapasitas besar.	Produk yang dihasilkan hanya satu produk utama dan tidak terpengaruh oleh musim.	Proses ini masih dalam pengembangan para ahli.

Berdasarkan pertimbangan proses pada Tabel 1.5 Proses yang dipilih adalah proses kontinyu karena proses kontinyu dapat digunakan untuk produksi dalam kapasitas besar, konversi kemurnian yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 95% dan waktu untuk proses reaksi berlangsung singkat. Selain itu, penggunaan alat biaya operasi pada proses kontinyu yang lebih ekonomis. Katalis yang digunakan pada proses kontinyu *ion exchange resin* berupa amberlyst -15 karena katalis jenis *ion exchange resin* merupakan katalis jenis asam heterogen yang

memiliki kelebihan dapat digunakan kembali (*recycle*), meningkatkan kemurnian produk, dan pemurnian jauh lebih mudah sehingga dapat menekan biaya peralatan.

Dalam suatu reaksi, untuk mendapatkan konversi reaksi yang tinggi maka terdapat kondisi operasi yang harus diatur sedemikian rupa. Berikut beberapa faktor yang dapat mempengaruhi laju reaksi esterifikasi serta konversi antara lain:

a. Waktu Reaksi

Konversi reaksi akan meningkat dengan meningkatnya waktu reaksi. Hal ini dikarenakan dengan semakin lamanya waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar pereaksi akan semakin besar.

b. Temperatur Reaksi

Pada reaksi pembuatan butil asetat dengan bahan baku asam asetat dan butanol mengalami peningkatan konversi produk dengan meningkatnya suhu, hal ini dikarenakan dengan meningkatnya suhu tumbukan reaksi yang terjadi lebih sering karena energi aktivasi yang besar akan banyak memutuskan ikatan dan membentuk suatu produk sehingga konversi reaksi menjadi besar (Sert dkk., 2010).

Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius dimana apabila temperature naik maka harga k akan mengalami kenaikan dan reaksi berlangsung lebih cepat serta nilai konversi reaksi yang dihasilkan besar.

c. Pengaruh Rasio Molar Pereaksi

Amrit Pal Toor, dkk mempelajari bahwa dengan meningkatnya ratio molar pereaksi sebesar 1:5 akan meningkatkan konversi hingga 95% dengan waktu 90 menit. Hasil dari observasi diatas mengenai pengaruh rasio molar awal alkohol dan asam asetat menunjukkan bahwa konversi reaksi akan meningkat dengan menggunakan alkohol berlebih.

d. Katalis

Sifat reaksi esterifikasi yang lambat membutuhkan katalisator agar berjalan lebih cepat. Katalisator berfungsi untuk mengurangi energi aktivasi pada suatu reaksi, sehingga reaksi dapat berlangsung lebih mudah. Katalis secara umum dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Katalis homogen

Merupakan katalis yang memiliki fase yang sama dengan reaksi campuran, dalam pembuatan butil asetat maka katalis homogen yang sering digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl) berada dalam fase cair. Katalis homogen memberikan keuntungan yaitu hasil reaksi yang relative tinggi dalam waktu reaksi yang singkat karena efek katalitik yang kuat.

Namun penggunaan katalis homogen lebih banyak menghasilkan kerugian seperti adanya kemungkinan toksisitas, menimbulkan korosi pada alat- alat proses, serta menimbulkan kontaminasi pada produk sehingga harus ada proses netralisasi

dan langkah-langkah pemurnian produk hilir (Melfi, D. T dkk, 2020).

2. Katalis heterogen

Merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaksi campuran (bisa dalam bentuk padatan, padat-cair, padat-gas, padat/cair/gas) dalam pembuatan butil asetat maka katalis heterogen yang sering digunakan adalah Amberlyst 15, Dowex yang berada dalam fase padatan.

Katalis heterogen memiliki banyak kelebihan diantaranya tidak menimbulkan korosi dan beracun, mudah untuk dipisahkan dari produk sehingga dapat menekan biaya peralatan dan meningkatkan perolehan kemurnian produk. Beberapa katalis heterogen beroperasi dalam kondisi ringan sehingga proses reaksi lebih aman dan ekonomis serta dapat digunakan kembali (recovery) (Melfi, D. T dkk, 2020).

Butil asetat dibuat melalui proses esterifikasi menggunakan bahan baku butanol dan asam asetat dengan katalisator. Pada perancangan pabrik butil asetat ini menggunakan proses kontinyu dengan esterifikasi langsung antara butanol dan amberlyst-15 menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

Menurut Gangadwala *et al.*, (2003) konversi 60% dengan perbandingan 1:1 molar asam asetat dengan butanol. Rasio

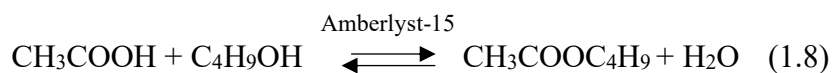
molar dapat ditingkatkan hingga 1:5 dengan konversi mencapai 80% dalam waktu reaksi keduanya 50 menit. Konversi ini dapat meningkatkan dari 50% menjadi 80% dalam 90 menit dari rasio molar 1:1 hingga 1:3 asam asetat dengan butanol.

Amrit Pal Toor, dkk juga menjelaskan bahwa pada waktu reaksi 90 menit didapatkan konversi reaksi untuk perbandingan molar asam asetat dan butanol 1:3 sebesar 93% dan akan mengalami peningkatan konversi lebih dari 95% untuk perbandingan molar asam asetat dan butanol 1: 5 dengan waktu reaksi yang sama. Dari hasil pengamatan diatas maka dapat disimpulkan bahwa konversi reaksi akan mengalami peningkatan apabila menggunakan perbandingan molar antara asam asetat dan alkohol yang berlebih.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika adalah suatu cara untuk memahami sifat suatu reaksi, termasuk apakah reaksi tersebut eksotermis atau endotermis, serta untuk menentukan apakah reaksi itu dapat balik (*reversible*) atau tidak dapat balik (*irreversible*). Hal ini dapat dilakukan dengan menghitung entalpi total reaksi (ΔH_{reaksi}) (Yaws C.L, 1999).



Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 366 K dapat dilihat pada Tabel 1.6 sebagai berikut :

Tabel 1. 6 Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 366 K

Komponen	Harga ΔH_f° (kJ/mol)
CH ₃ COOH	440434,2985
C ₄ H ₉ OH	355079,0081
CH ₃ COOC ₄ H ₉	630923,7412
H ₂ O	199834,1435

$$\Delta H^\circ R(366 \text{ K}) = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

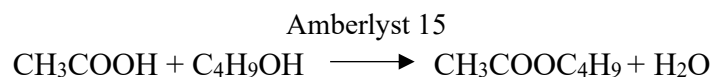
$$\Delta H^\circ R(366 \text{ K}) = -673081,969 \text{ kJ/jam}$$

Reaksi keseluruhan dari proses pembuatan butil asetat merupakan reaksi eksotermis dengan didapatkan nilai $\Delta H = -673081,9696 \text{ kJ/jam}$ yang berarti reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

Tabel 1.7 Harga ΔG_f° masing-masing koomponen pada suhu 298K

Komponen	Harga ΔG_f° (kJ/mol)
CH ₃ COOH	-389,9
C ₄ H ₉ OH	-170,1
CH ₃ COOC ₄ H ₉	-332,2
H ₂ O	-237,2

Menentukan perubahan entalpi (Ho R) dari panas pembentukan (Ho G) 298K



$$G^\circ R(298^\circ K) = \Sigma G^\circ f \text{ produk} - \Sigma G^\circ f \text{ Reaktan} \quad (1.9)$$

$$= ((-332,2) + (-237,2)) - ((-389,9) + (-170,1))$$

$$= -9,40 \text{ kJ/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) pada suhu 298K dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\ln K_1 = \frac{-\Delta G}{RT} \quad (1.10)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{-(-9,40)}{8,413 \times 298} \\ &= 0,003749 \\ &= e^{0,003749} \\ &= 1,0038 \end{aligned}$$

Karena nilai kesetimbangan sedikit lebih dari 1, reaksi cenderung ke arah pembentukan produk. Tetapi nilai ini masih tergolong kecil sehingga secara termodinamika reaksi tetap tergolong dua arah atau *reversible*.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi esterifikasi antara asam asetat dan n-butanol merupakan reaksi reversibel yang berlangsung dalam fase cair dan dapat dikatalisis oleh resin penukar kation, seperti Amberlyst-15. Reaksi ini menghasilkan butil asetat dan air, dan secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:



Toor et al. (2011) telah melakukan studi kinetika terhadap reaksi ini dengan menggunakan katalis heterogen Amberlyst-15 dalam reaktor batch. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa reaksi ini mengikuti model orde dua semu, dan tidak mengalami hambatan transfer massa

eksternal maupun internal karena ukuran partikel katalis yang kecil ($<700\ \mu\text{m}$) serta kecepatan pengadukan yang cukup tinggi (500 rpm).

Model Kinetika

Model kinetika yang digunakan oleh Toor et al. (2011) berdasarkan pendekatan Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson (LHHW), tetapi karena resistansi difusi dan adsorpsi dianggap tidak signifikan, maka model tersebut disederhanakan menjadi model laju reaksi orde dua semu sebagai berikut:

$$-r_a = kwC_a C_b \quad (1.12)$$

Keterangan:

r_a : laju konsumsi asam asetat ($\text{mol/L}\cdot\text{menit}$)

k : konstanta laju reaksi (menit^{-1})

w : konsentrasi katalis (kg/m^3)

C_a, C_b : konsentrasi asam asetat dan n-butanol (mol/L)

Orde Dua Semu

Dalam penelitian tersebut, n-butanol digunakan dalam jumlah berlebih dengan rasio molar 5:1 terhadap asam asetat. Oleh karena itu, konsentrasi n-butanol dapat dianggap konstan selama reaksi berlangsung, sehingga persamaan kinetika disederhanakan menjadi orde dua semu:

$$r = k' \times C_a \quad \text{dengan} \quad k' = k \times w \times C_{b0} \quad (1.13)$$

Penyederhanaan ini bertujuan mempermudah integrasi laju reaksi dan memungkinkan perhitungan waktu reaksi berdasarkan konversi.

Integrasi Kinetika

Dengan mendefinisikan konversi asam asetat sebagai X_A , persamaan laju reaksi terintegrasi dapat dituliskan dalam bentuk logaritmik berikut (Toor et al., 2011):

$$\ln \left(\frac{M(1-X_A)}{M-X_A} \right) = k \cdot t \quad (1.14)$$

$$\int \frac{dX_A}{(1-X_A)(M-X_A)} = \frac{1}{M-1} \ln \left(\frac{M-X_A}{1-X_A} \right)$$

$$\frac{1}{M-1} \ln \left(\frac{M-X_A}{1-X_A} \right) = K C_{AO} t$$

$$\ln \left(\frac{M-X_A}{1-X_A} \right) = (M-1) K C_{AO} t$$

$$K' = (M-1) K C_{AO} = \ln \left(\frac{M-X_A}{1-X_A} \right) = K' t$$

$$\ln \left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)} \right) = kt \text{ dengan } k = \frac{K'}{M}$$

Keterangan:

M : rasio molar n-butanol terhadap asam asetat

X_A : konversi fraksional asam asetat

t : waktu reaksi (menit)

Nilai Konstanta Laju Reaksi

Toor et al. (2011) mendapatkan pada suhu 366,15 K, rasio molar 1:5, dan konsentrasi katalis 112,2 kg/m³, konstanta laju reaksi yang diperoleh adalah:

$$k = 0,026 \text{ menit}^{-1}$$

Estimasi Waktu Reaksi untuk Konversi 95%

Dengan menggunakan persamaan integrasi kinetika, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$X_a = 0,95; \quad M = 5$$

$$\ln\left(\frac{5(1 - 0.95)}{5 - 0.95}\right) = \ln\left(\frac{0.25}{4.05}\right) = \ln(0.0617) = -2.786$$

Dengan mengambil nilai absolut karena waktu tidak dapat

bernilai negatif

$$t = \frac{|\ln(0.0617)|}{k} = \frac{2.786}{0.026} = 107.15 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil studi literatur dari Toor et al. (2011), reaksi esterifikasi antara asam asetat dan n-butanol mengikuti model kinetika orde dua semu. Namun, dalam kondisi reaktan berlebih, model ini dapat disederhanakan menjadi orde satu semu untuk memudahkan perhitungan. Dengan konstanta laju reaksi sebesar 0,026 menit⁻¹, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konversi 95% diperkirakan selama ±107 menit.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Untuk mencapai target kualitas produk dalam prarancangan ini, proses pembuatan dirancang berdasarkan beberapa butil asetat variabel utama, yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian kualitas.

Tabel 2. 1 Sifat fisis produk, bahan baku, dan bahan pendukung

	Produk	Bahan Baku			Bahan Pendukung
	Butil Asetat	Butanol	Asam Asetat	Air	Amberlyst 15
Rumus molekul	$\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	CH_3COOH	H_2O	$(\text{C}_{10}\text{H}_{10})_m(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3\text{S})_n$
Wujud (30°C, 1 atm)	Cair	Cair	Cair	Cair	Padat (25°C, 1 atm)
Kenampakan	Bening tidak berwarna	Bening tidak berwarna	Bening tidak berwarna	Jernih, tidak berbau	
Berat Molekul (g/mol)	116,16	74,12	60,05	18,02	H ⁺ (Bentuk ion)
Tipe					Sulfonic acid cation
Functional group					Sulfonic acid (SO ₃ H)
Temperature kritis (°C)	305,9	289,8	321,67	374,1	
Tekanan Kritis (atm)	31	0,275		281,3	
Volume Kritis (m ³ /kmol)	0,389	0,81	0,179		
Konsentrasi (eq/kg)					≥ 4,7
Densitas (g/ml)	0,88	99	1,049	1,02	1,2
Viskositas (cP)	-	-		0,911	
Kemurnian	98%	117	98,9	100	

Tabel 2.1 Sifat fisis produk, bahan baku, dan bahan pendukung (Lanjutan)

	Produk	Bahan Baku			Bahan Pendukung
	Butil Asetat	Butanol	Asam Asetat	Air	Amberlyst 15
Titik Didih	126	-89	118,1	100	
Titik Beku	-76,3	34	16,7	0	
Titik Nyala	27	1% air	39		
<i>Impurities</i>	21	7,8	0,2% air		
Kelarutan dalam 100 gr air (20 °C) (g/L)	5,3	0,81	Terlarut		
<i>Solubility In</i>	Pelarut organik	Alkohol, eter, dan pelarut organik	Mudah larut dalam air dingin, air panas, larut dalam dietil eter, aseton, gliserol, alkohol, benzene, karbon, tetraklorida, tidak larut dalam karbon disulfida		
Nama lain produk	Butil etanoat	1-Butanol, n-Butanol, Butil Alkohol	Asam etanoat, asam cuka		
Catalyst volatiles (%)					≤ 1,0
Luas permukaan (m ² /gr)					53
Ukuran (mm)					0,3 – 0,425
Diameter pori (Å)					300
Total volume pori (cc/gr)					0,4
Maksimal suhu operasi (°C)					120
Minimum bed depth (mm)					600
Laju alir operasi (BV/h)					1 – 5
Batas penurunan tekanan (psig)					15
pH					0 sampai 14
Umur katalis					2 tahun

2.1.1 Butil Asetat

a. Sifat kimia

1. Hidrolisis asam

Butil asetat terhidrolisis berkatalis asam menjadi asam asetat dan butanol dengan menggunakan air berlebih untuk mendorong kesetimbangan ke arah asam asetat dan butanol.



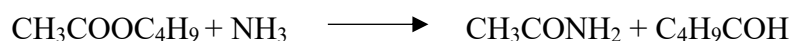
2. Hidrolisis basa (penyabunan)

Reaksi berlangsung dalam suasana basa, hasil penyabunan ialah garam karboksilat. Asam bebas akan diperoleh bila larutan itu diasamkan.



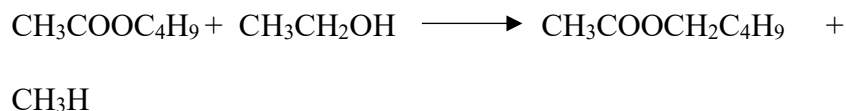
3. Amonolisis

Butil asetat bereaksi dengan ammonia berair menghasilkan amida.



4. Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi beranalogi langsung dengan hidrolisis dalam asam atau basa. Karena reaksi itu reversible, biasanya digunakan alkohol awal secara berlebihan.



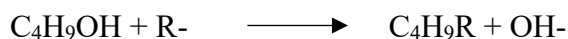
(Kirk & Othmer, 1952)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Butanol

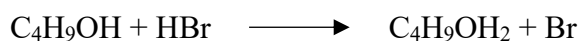
a. Sifat kimia

1. Reaksi butanol dengan alkil halide



2. KarbonasiOksidasi

Reaksi antara butanol dengan HBr



3. Oksidasi

Reaksi dengan sodium dikromat, butil alkohol akan teroksidasi membentuk butiraldehid

4. Dehidrasi

Butil alkohol direaksikan dengan asam sulfat akan membentuk butil asam sulfat.



(Kirk & Othmer, 1979)

2.2.2 Asam Asetat

a. Sifat kimia

1. Esterifikasi

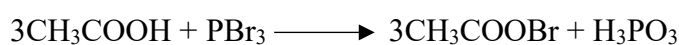
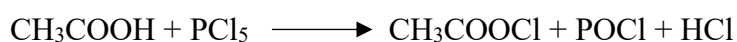
Asam asetat direaksikan dengan butanol membentuk butil asetat



2. Reaksi asam asetat dengan diazomethane



3. Asam asetat dengan thionyl klorida, phosphorus pentaklorida, dan phosphorus tribromide



4. Asam asetat dengan sodium methoxide



(Kirk & Othmer, 1979)

2.2.3 Air

a. Sifat kimia

Air merupakan pelarut universal karena dapat melarutkan berbagai zat kimia. (Perry and Green 7th ed, 1997)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan sebelum proses produksi berjalan yang bertujuan untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan yang standar agar produk dapat memuaskan konsumen.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk memperoleh kualitas produk yang akan dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi. Ini harus dilakukan dari bahan baku sampai menjadi produk. Sehingga pengendalian kualitas produk ini juga meliputi pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, dan produk. Pengawasan mutu ini dapat dilakukan dengan analisa di Laboratorium Pemeriksaan Pengendalian Kualitas yaitu meliputi:

a. Pengawasan mutu bahan baku

Hal ini bertujuan untuk mengukur kualitas butanol dengan kemurnian 99% dan asam asetat dengan kemurnian 99%. Apabila belum memenuhi kriteria, maka bisa mengembalikan bahan baku tersebut kepada *supplier*.

b. Pengawasan mutu bahan pembantu

Tidak kalah penting juga untuk mengecek bahan – bahan pembantu apakah sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Salah satu bahan pembantu yang digunakan adalah resin amberlyst-15 untuk membantu kelancaran proses.

c. Pengawasan mutu produk

Produk butil asetat yang dihasilkan juga perlu diuji kualitasnya demi memperoleh produk dengan spesifikasi yang diinginkan dengan konsentrasi butil asetat mencapai 95% agar lolos dipasaran dan banyak peminatnya. Jika terjadi mutu produk tidak

sesuai keinginan maka perlu dilakukan pengecekan pada tahap proses karena kemungkinan besar pada tahap proses mampu mempengaruhi mutu produk.

d. Pengendalian kualitas produk pada saat pemindahan

Pemindahan produk dari *storage tank* ke truk pengangkut hingga ke kapal juga perlu untuk dijaga agar kualitas tidak berubah (menurun).

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Proses produksi adalah suatu kegiatan yang paling penting di semua industri. Kelancaran proses produksi sangat dipengaruhi oleh sistem produksi yang sebelumnya telah dipersiapkan. Setiap jenis sistem produksi memerlukan proses perencanaan dan pengendalian yang berbeda. Pengendalian kualitas proses bertujuan agar aktivitas produksi berjalan seefektif dan seefisien mungkin. Untuk mencapai kelancaran dan memperoleh produk yang sesuai dengan spesifikasi diperlukan pula pengendalian proses produksi yang nantinya akan mengendalikan seluruh komponen penting dalam suatu industri. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan bantuan alat control otomatis yang pengaturannya berpusat di ruangan kontrol. Alat kontrol ini memiliki indicator yang sudah ditetapkan nilainya (set point). Penyimpangan yang terjadi pada saat proses produksi bisa disebabkan oleh beberapa hal yaitu bahan baku yang terkontaminasi atau tidak layak pakai, terjadi kerusakan pada alat proses, hingga kesalahan pada

saat terjadinya proses produksi. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil *monitoring* yang dilakukan oleh alat-alat kontrol yang kemudian divisualisasikan dalam bentuk nyala lampu atau diaudiokan dalam bentuk alarm.

Beberapa alat kontrol yang umum digunakan pada suatu industri antara lain:

a. *Level control*

Umumnya alat ini dipasang pada bagian atas tangki. Fungsi alat ini adalah untuk mengatur tingkat ketinggian cairan. Alat ini memanfaatkan sinyal pneumatic yang nantinya akan diubah menjadi arus listrik yang akan dikirimkan menuju control valve. Jika terdapat gangguan nantinya katup akan terbuka atau tertutup secara otomatis.

b. *Flow Rate*

Flow controller adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengendalian terhadap laju alir. Di pasang pada bagian aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

c. *Temperature control*

Merupakan alat yang dipasang disetiap alat proses. Ujung depan yang berfungsi sebagai sensor pada temperature controller adalah termokopel. Jika terjadi gangguan, termokopel ini mampu mengukur variable proses yang kemudian dikirimkan oleh transmitter dan diumpun balikkan ke pengendali.

d. *Ratio control*

Alat ini berfungsi untuk mengatur aliran yang bercabang agar ratio perbandingan tiap aliran sama. Ratio controller ini dihubungkan dengan flow controller dengan memanfaatkan sinyal elektrik yang akan mengirimkan perintah kepada flow controller jika terdapat gangguan.

e. *Pressure control*

Merupakan alat yang dipasang untuk mendeteksi dan mengendalikan tekanan operasi berdasarkan tekanan operasi pada suatu alat.

Pengendalian proses produksi bertujuan untuk mengendalikan aliran material ke dalam, di dalam dan ke luar pabrik sehingga posisi keuntungan optimal yang merupakan target awal dari perusahaan bisa tercapai. Dilakukan pengendalian bermaksud untuk memanfaatkan sumber daya produksi yang terbatas secara efektif, terutama dalam upaya memenuhi kebutuhan konsumen dan menciptakan profit bagi perusahaan. Oleh karena itu perencanaan dan pengendalian penting dilakukan sebagai hasil evaluasi untuk berkembangnya suatu perusahaan. Pada pabrik butil asetat ini memiliki 2 pengendalian kualitas yang sesuai dengan prinsip Sofjan Assauri (1998 : 210) yaitu:

a. Pengendalian selama pengolahan/proses

Dengan mengambil sampel produk dan dilanjutkan dengan

pengecekan statistik untuk melihat apakah proses bisa dimulai dengan baik atau tidak. Pengendalian terhadap proses ini termasuk pengendalian atas bahan baku yang akan digunakan selama proses.

b. Pengendalian atas barang hasil yang sudah melewati tahap proses

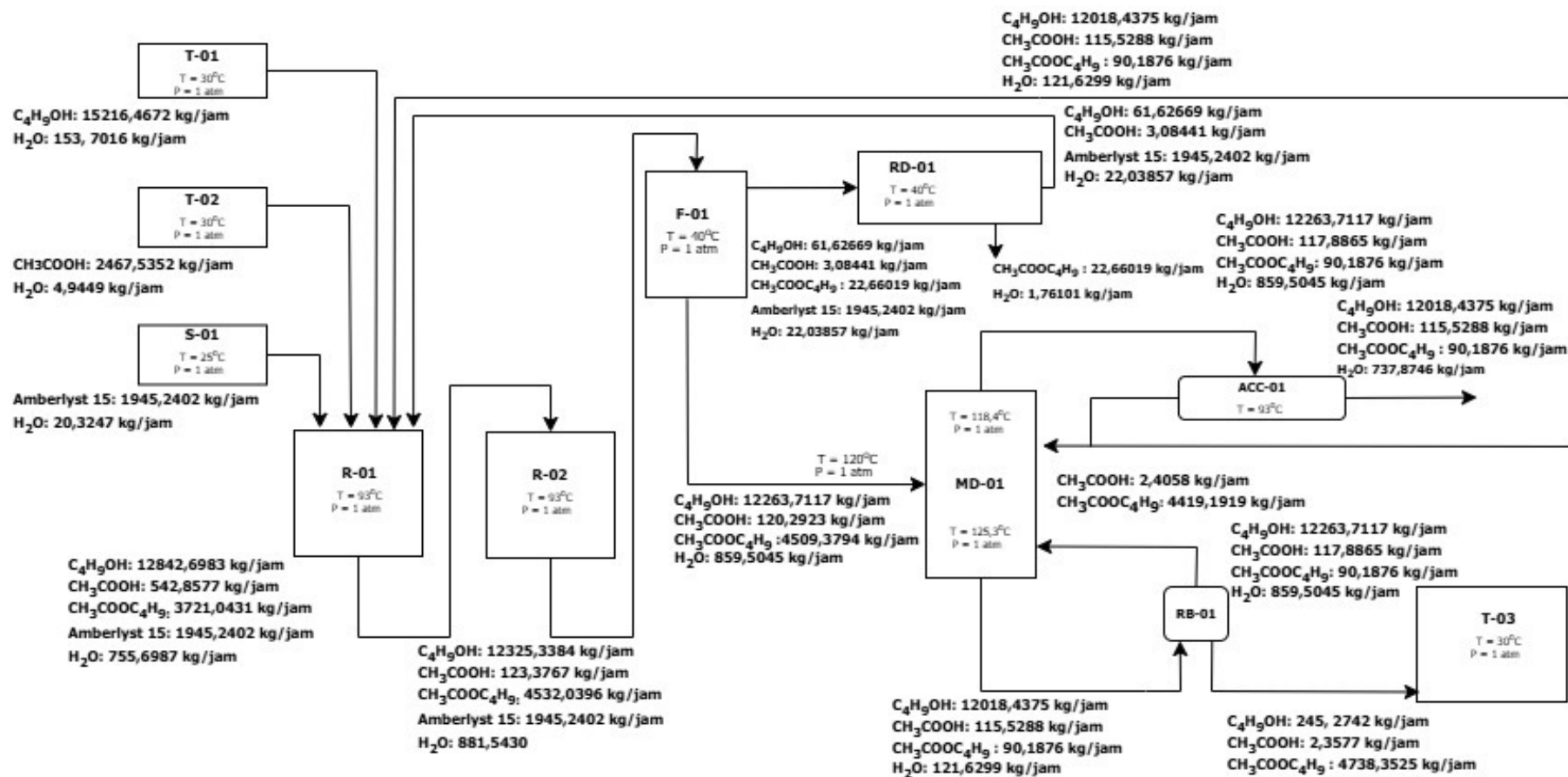
Walaupun sudah ada pengendalian terhadap proses, tetapi hal ini tidak dapat menjamin bahwa tidak ada produk yang kurang baik ataupun tercampur dengan produk lain. Untuk menjaga agar hasil produk sesuai dengan spesifikasi sehingga tidak ada produk yang kurang baik jatuh ke tangan konsumen diperlukan adanya pengendalian kualitas atas produk akhir.

PERANCANGAN PROSES

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif

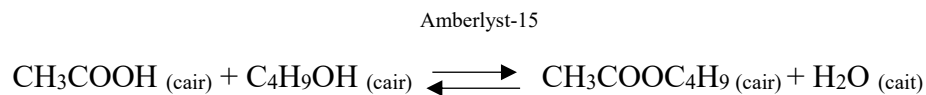


Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Perancangan pabrik butil asetat ($C_6H_{10}O_2$) berbahan baku n-butanol (C_4H_9OH) dan asetat (CH_3COOH) yang direaksikan dengan katalis resin amberlyst-15 berlangsung pada suhu $93^\circ C$ pada reaktor. Pembuatan butil asetat ini melalui tiga tahapan proses yaitu:

- a. Unit persiapan bahan baku serta bahan pembantu
- b. Unit reaksi
- c. Unit pemisahan produk dan pemurnian produk



3.2.1 Unit Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pembantu

- a. Tahap Persiapan Butanol (C_4H_9OH)

Bahan baku butanol yang digunakan dalam proses pembuatan butil asetat ini digunakan butanol dengan kemurnian 99%. Butanol (C_4H_9OH) disimpan dalam fase cair pada tangki penyimpanan (T-01) dengan suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm serta kapasitas tangki penyimpanan dapat digunakan untuk proses satu bulan. Butanol dari tangki penyimpanan (T-01) dipompa dengan pompa (P-01) untuk dialirkan ke dalam heater (HE-01) yang berfungsi untuk menaikkan suhu butanol dari $30^\circ C$ menjadi $93^\circ C$ sebelum dimasukkan ke dalam reaktor (R-01) dengan jenis Reaktor RATB.

b. Tahap Persiapan Asam Asetat (CH_3COOH)

Bahan baku asam asetat yang digunakan dalam proses pembuatan butil asetat ini digunakan asam asetat dengan kemurnian 99,8%. Asam asetat (CH_3COOH) disimpan dalam fase cair pada tangki penyimpanan (T-02) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm serta kapasitas tangki penyimpanan dapat digunakan untuk proses satu bulan. Asam asetat dari tangki penyimpanan (T-02) dipompa dengan pompa (P-02) untuk dialirkan ke dalam heater (HE-02) yang berfungsi untuk menaikkan suhu asam asetat dari 30°C menjadi 93°C sebelum dimasukkan ke dalam reaktor (R-01) dengan jenis Reaktor RATB.

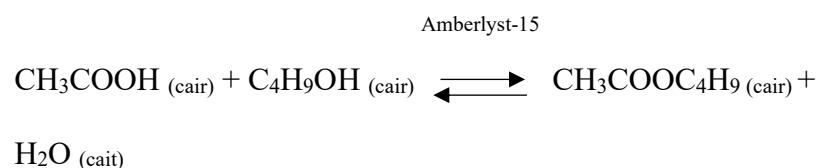
c. Tahap Persiapan Katalis Amberlyst 15

Bahan pembantu pada proses pembuatan butil asetat ini adalah menggunakan katalis amberlyst-15. Amberlyst-15 yang digunakan pada proses ini berbentuk butiran dengan kemurnian 93%. Amberlyst-15 disimpan dalam fase padatan pada tangki silo (S-01) dengan suhu 25°C dan tekanan 1 atm serta kapasitas tangki penyimpanan dapat digunakan untuk proses satu minggu. Amberlyst-15 dari tangki silo (S-01) diangkut menggunakan Screw Conveyor (SC-01) untuk dimasukkan ke dalam reaktor (R-01) dengan jenis Reaktor RATB.

3.2.2 Unit Reaksi

a. Tahap Reaksi

Pada perancangan pabrik pembuatan Butil asetat ini menggunakan rasio perbandingan molar bahan baku Asam asetat (CH_3COOH) dan Butanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) 1:5 serta menggunakan katalis Amberlyst 15 sebanyak 11% dari total umpan. Setelah proses persiapan bahan baku serta bahan pembantu, dua bahan baku di pompa ke dalam reaktor (R-1) dengan menggunakan reaktor jenis RATB. Proses ini terjadi dalam fase cair-cair selama 1,5 jam dengan tingkat konversi mencapai 95% pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu 93°C . Karena sifat reaksinya yang eksotermis, maka diperlukan penggunaan media pendingin. Reaksi yang terjadi dalam reaktor dapat dijelaskan sebagai berikut:



Reaksi pada reaktor (R-01) diperoleh konversi sebesar 78%. Produk keluar dari reaktor (R-01) kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju reaktor 2 (R-02) untuk mencapai konversi 95%. Dari reaktor (R-02) menuju cooler (CL-01) untuk menurunkan suhunya dari 93°C menjadi 40°C untuk dilanjutkan ke filter (F-01). Tujuan dari filter (F-01) adalah

memisahkan Filtrate dengan larutan lain dari Reaktor (R-02) pada kondisi 40°C dan tekanan 1 atm. Produk yang menjadi keluaran atas Filter (F-01) akan diangkut menggunakan Screw Conveyor (SC-02) untuk dimasukkan ke dalam Rotary Dryer (RD-01) dengan kondisi 40°C pada tekanan 1 atm. Pada Rotary Dryer akan diumpankan pemanas berupa udara yang dimasukkan kedalam blower (BL-01) kemudian masuk kedalam Filter Bag (FB-01) untuk disaring kemudian masuk kedalam (HE-04) untuk dipanaskan dari 35°C menjadi 130°C. Untuk produk yang menjadi keluaran bawah dari Filter akan diangkut menuju Menara Destilasi (MD-01). Sedangkan keluaran atas Rotary Dryer (RD-01) berupa Amberlyst-15 akan reflux (*recycle*) menuju ke Reaktor (R-01), proses pengangkutan ini akan dibantu dengan menggunakan Cooling Conveyor (CC-01) dan keluaran bawah (RD-01) akan dibuang ke UPL menggunakan pompa (P-10).

3.2.3 Unit Pemisahan Produk dan Pemurnian Produk

Produk keluaran bawah Filter (F-01) selanjutnya dialirkan menggunakan pompa (P-05) menuju heater (HE-03) yang berfungsi untuk meningkatkan suhu produk dari 40°C menjadi 115°C yang selanjutnya akan diumpankan ke dalam Menara distilasi (MD-01) pada suhu 120°C dan tekanan 1 atm. Hasil atas Menara distilasi (MD-01) berada pada kondisi operasi 118,4°C dan tekanan 1 atm, kemudian diembunkan di dalam condenser (CD-01) dengan menggunakan

pendingin air pada suhu 25°C. Selanjutnya hasil keluaran dari Condenser (CD-01) disimpan sementara di dalam Accumulator (ACC-01) untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar selama 10 menit dengan kondisi operasi berada pada suhu 93°C dan tekanan 1 atm. Pada Accumulator (ACC-01) terdapat perpisahan dua fase, fasa berat yang akan dibuang ke UPL dengan menggunakan pompa (P-09) dan yang kemudian akan dialirkan sebagian untuk di reflux ke dalam Menara distilasi (MD-01) dan sebagian hasil yang diinginkan akan di recycle menuju reaktor (R-01) menggunakan pompa (P-08) Sedangkan hasil bawah Menara distilasi (MD-01) dengan kondisi operasi 125,4°C dan tekanan 1 atm diumpankan ke reboiler (RB-01) untuk menguapkan sebagian hasilnya dengan pemanas steam jenuh bersuhu 200°C dan sebagian hasil produk butil asetat yang diinginkan dilewatkan ke dalam cooler (CL-02) terlebih dahulu untuk menurunkan suhunya dari 125,4°C menjadi 30°C. Kemudian hasil bawah produk Menara distilasi (MD-01) dipompa dengan menggunakan pompa (P-07) untuk disimpan pada tangki penyimpanan produk (T-03), produk butil asetat yang dihasilkan pada perancangan ini didapatkan kemurnian 95% dengan hasil samping air.

3.2.4 Perencanaan Produksi

a. Kapasitas Perancangan

Analisis Penentuan kapasitas perancangan suatu pabrik berdasarkan pada tingkat kebutuhan butil asetat yang ada di

Indonesia, serta tersediannya bahan baku juga menentukan kapasitas minimal suatu pabrik yang akan dibangun. Dari pertimbangan yang ada menunjukkan bahwa kebutuhan akan butil asetat setiap tahunnya mengalami peningkatan. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan butil asetat dan meminimalisir nilai impor maka didirikanlah pabrik butil asetat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun.

b. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku butil asetat dengan bahan utama asam asetat diperoleh dari PT. Indo Academia Tbk Surakarta dan bahan baku Butanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara Gresik. Sedangkan untuk katalis Amberlyst 15 diperoleh dari Jinan Boss Chemical Industry Co., Ltd. China.

Tabel 3. 1 Kebutuhan bahan baku

Komponen	Ketersediaan Bahan Baku (ton/tahun)
Asam Asetat (CH_3COOH) Kemurnian 99%	33.000
Butanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) Kemurnian 99%	100.000

Berdasarkan data yang telah dicantumkan diatas maka dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku Asam Asetat dan Butanol dapat memenuhi kebutuhan pabrik, sehingga proses

produksi dapat berjalan.

c. Analisis Kebutuhan Alat Proses

Dalam hal analisis kebutuhan peralatan proses ini berkaitan dengan kemampuan peralatan yang menunjang kelancaran suatu proses berdasarkan umur peralatan dan pemeliharaan alat (*maintenance*). Dan diharapkan dengan adanya analisis kebutuhan alat proses ini pabrik dapat mengatur anggaran dan jenis peralatan apa yang tepat digunakan untuk pembuatan produk. Serta mengetahui cara perawatan untuk setiap alatnya.

3.3 Spesifikasi Alat

Berikut ini adalah deskripsi terperinci mengenai spesifikasi peralatan yang digunakan dalam pabrik pembuatan butil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$).

3.3.1 Spesifikasi Alat Besar

a. Reaktor

Tabel 3. 2 Spesifikasi reaktor

Kode	R-01	R-02
Fungsi	Mereaksikan Asam Asetat dan Butanol dengan bantuan katalis Amberlyst 15 menjadi butil asetat dan air	Mereaksikan Asam Asetat dan Butanol dengan bantuan katalis Amberlyst 15 menjadi butil asetat dan Air
Jenis	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan	<i>Stainless Stell SA 167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Stell SA 167 grade 11 type 316</i>

Tabel 3.2 Spesifikasi reaktor (Lanjutan)

Tekanan	1 atm	1 atm
Temperatur	93 °C	93 °C
Diameter Reaktor		
Diameter <i>Shell</i>	1,45619 m	1,45619 m
Tinggi Shell	1,45619 m	1,45619 m
Tebal Shell	0,1875 in	0,1875 in
Volume Shell	2,42396 m ³	2,42396 m ³
Tinggi Reaktor	2,06650 m	2,06650 m
Volume Reaktor	2,96097 m ³	2,96097 m ³
Dimensi Head		
Tinggi Head	0,30516 in	0,30516 in
Tebal Head	0.1875 in	0.1875 in
Volume Head	0,5370 m ³	0,5370 m ³
Pengaduk		
Jenis Impeller	Turbin with 6 flat blade	Turbin with 6 flat blade
Jumlah Impeller	1 buah	1 buah
Jumlah Baffle	4 buah	4 buah
Diameter Pengaduk	0,48540 m	0,48540 m
Tinggi Pengaduk	0,09708 m	0,09708 m
Lebar Pengaduk	0,12135 m	0,12135 m
Jarak Pengaduk	0,48540 m	0,48540 m
Lebar Baffle	0,12135 m	0,12135 m
Kecepatan Pengadukan	131,49422 rpm	131,49422 rpm
Power Pengadukan	3 Hp	3 Hp
Jaket Pendingin		
Bahan Jaket	Stainless Steel	Stainless Steel
Diameter dalam Jaket	1,465718 m	1,465718 m
Diameter luar Jaket	1,719718 m	1,719718 m
Tinggi Jaket	1,45619 m	1,45619 m
Tebal Jaket	0,375 in	0,375 in
Beban Pendingin	546420,292 kJ/jam	546420,292 kJ/jam
Luas Selubung Reaktor	6,65836 m ²	6,65836 m ²
Jumlah	1 Unit	1 Unit
Harga	\$ 917.779	\$ 917.779

b. Filter (F-01)

Tabel 3. 3 Spesifikasi filter

Kode	F-01
Fungsi	Memisahkan Amberlyst-15 (<i>padatan/cake</i>) dari komponen- komponen lainnya (<i>cairan/filtrate</i>)
Jenis	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF)
Bahan	<i>Stainless Stell</i> SA 167 grade 11 type 316
Tekanan	1 atm
Suhu	40°C
-Diameter Filter	3,659 m
-Panjang Filter	4,878 m
-Luas permukaan Filter	56, 517 m ²
Waktu Siklus	
- Tahap Filtrasi	11.,370 detik
- Tahap <i>dewatering</i>	86.0 detik
- Tahap <i>washing</i>	12.327tik
- <i>Second watering</i>	12.900 detik
Kecepatan Putar	1,328 rpm
<i>Power Blower</i>	0,05 Hp
Harga	\$ 1.179.925

c. *Rotary Dryer*

Tabel 3. 4 Spesifikasi *rotary dryer*

Kode	RD-01
Fungsi	Mengurangi kadar cairan sehingga didapatkan Amberlyst-15 yang sesuai spesifikasi
Jenis	<i>Direct contact counter current rotary dryer</i>
Tekanan	1 atm
Suhu	40 °C
Waktu tinggal	3,172 jam
Spesifikasi	
-Diameter	0,9669 m
Panjang	9,644 m
- Tinggi Flight	0,0967 m
- Offset Flight	1 m
-Slop	0,083 m/m
Power	5.0 Hp
Kemiringan	2°
Harga	\$ 361.096

d. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi menara distilasi

Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan butil asetat sebagai produk utama untuk disimpan pada tangki penyimpanan (T-03)
Kondisi Operasi Umpan Menara	
-Tekanan	1 atm
-Suhu	120 °C
Kondisi Operasi Puncak Menara	
-Tekanan	1 atm
-Suhu	118,4 °C
Kondisi Oprasi Dasar Menara	
-Tekanan	1 atm
-Suhu	125,3 °C
Plate	
-Jenis	Seive Tray
-Total	52 buah
-Panjang Weir	2,190 m
-Diameter Hole	0,005 m
-Tebal	0,003 m
-Jumlah Lubang	4917
Dimensi Kolom	
-Tinggi	24,587 m
-Diameter	3,029 m
-Tebal Shell	0,375 m
Dimensi Head	
-Tebal head	0,375 in
-Tinggi head	0,686 m
Jumlah	1
Harga	\$ 299.519

e. *Condensor* (CD-01)

Tabel 3. 6 Spesifikasi *condensor*

Kode	CD-01
Fungsi	Mengembunkan uap hasil atas Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	<i>Shell and Tube Exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless Stell SA 167 grade 11 type 316</i>
Beban Panas	30843485,92 Btu/jam
Luas Transfer Panas	135,9121346 m ²
<i>Shell Side</i>	Fluida Panas : Uap dari MD-01
- ID	35 in
- Pass	1
<i>Tube Side</i>	Fluida Dingin : Air
- ID	1,15 in
- OD	1,25 in
- Pass	4
Koefisien Perpindahan Panas	
- UC	314,52 Btu/hr.ft ² .°F
- UD	149,61 Btu/hr.ft ² .°F
Faktor Kekotoran	
- Rd min	0,003
- Rd terhitung	0,0035
Jumlah	1 Unit
Harga	\$220.145

f. Accumulator (ACC-01)

Tabel 3. 7 Spesifikasi accumulator

Kode	ACC-01
Fungsi	Menampung Sementara hasil atas Menara Distilasi (MD-01) dengan waktu tinggal 10 menit sebelum Recycle Reaktor (R-01)
Jenis	Tangki Silinder Horizontal
Jenis Bahan	<i>Stainless Stell SA 167 grade 11 type 316</i>
Kondisi Operasi	
-Tekanan	1 atm
-Suhu	93 °C
Dimensi Acuumulator	
-Diameter	1,558 m
-Panjang	9,346 m
-Volume	3,7326 m ³
-Tebal <i>Shell</i>	0,25 in
-Tebal <i>Head</i>	0,1875 in
-Tinggi <i>Head</i>	0,31023 m
Jumlah	1 Unit
Harga	\$ 45.203

g. *Reboiler*Tabel 3. 8 Spesifikasi *reboiler*

Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan cairan hasil bawah menara distilasi (MD-01) pada suhu 125,3°C dengan pemanas steam jenuh pada suhu 200 °C
Jenis	<i>Kettle Reboiler</i>
Bahan	<i>Stainless Stell SA 167 grade 11 type 316</i>
Beban Panas	30946738,58 Btu/jam
Luas Transfer Panas	109,0657503 m ²
<i>Shell Side</i>	
-ID	29 in
-Pass	1
<i>Tube side</i>	
-ID	1,25
-OD	1,15
-Pass	2
Koefisien Perpindahan Panas	
-UC	600 Btu/hr.ft ² .F
-UD	200 Btu/hr.ft ² .F
Faktor Kekotoran	
-Rd min	0,0030
-Rd terhitung	0,0033
Jumlah	1 Unit
Harga	\$ 151.984

h. Tangki Penampungan Amberlyst 15

Tabel 3. 9 Spesifikasi silo

Kode	S-01
Fungsi	Menyimpan katalis Amberlyst 15 untuk kebutuhan selama 30 hari dengan kapasitas penyimpanan 1945,2403 kg/jam
Jenis	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Tekanan	1 atm
Temperatur	30 °C
Diameter	6,005 m
Tinggi	12,009 m
Tebal	0,25 in
Volume	2.830,266 m ³
Jumlah	1 Unit
Harga	\$ 132.763

i. *Screw Conveyor***Tabel 3. 10** Spesifikasi *screw conveyor*

Kode	SC-01	SC-02	CC-01
Fungsi	Mengangkut bahan baku Amberlyst 15 dari Tangki Silo (S-01) menuju Reaktor (R-01)	Mengangkut Amberlyst-15 hasil dari Filter (F-01) ke Rotary Dryer (RD-01)	Mengangkut hasil Recycle Rotary Dryer (RD-01) menuju ke Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Horizontal</i>	<i>Horizontal</i>	<i>Horizontal</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Suhu	25 °C	25 °C	25 °C
Panjang	4,572 m	4, 572 m	4, 572 m
Diameter <i>Screw</i>	9 in	9 in	9 in
Kecepatan Motor	40 rpm	40 rpm	40 rpm
<i>Power</i> Motor	0,43 Hp	0,43 Hp	0,43 Hp
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit
Harga	\$ 6.762	\$ 6.762	\$ 40.576

j. Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 11 Spesifikasi tangki bahan baku dan produk

Kode	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku Butanol untuk kebutuhan selama 30 hari dengan kapasitas penyimpanan 15.370,169 kg/jam.	Menyimpan bahan baku Asam Asetat untuk kebutuhan selama 30 hari dengan kapasitas penyimpanan 2.472,480 kg/jam	Menyimpan produk butil asetat keluaran Menara Distilasi (MD-01) untuk kebutuhan selama 30 hari dengan kapasitas penyimpanan 2.344,998 kg/jam
Jenis	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottomed</i> dan atap <i>Conical</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottomed</i> dan atap <i>Conical</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottomed</i> dan atap <i>Conical</i>
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Temperatur	30 °C	30 °C	30 °C
Diameter Tangki	9,144 m	4,572 m	15,240 m
Volume Tangki	15.973,763 m ³	2.229,091 m ³	2.342,842 m ³
Tebal Shell	0,250 in	0,188 in	0,500 in
Tinggi Shell	360,000 in	216,000 in	576,000 in
Tebal Head	0,500 in	0,313 in	0,875 in
Tinggi Head	52,311 in	17,042 in	71,734 in
Tebal Bottom	0,313 in	0,313 in	0,313 in
Jumlah Course	5 buah	3 buah	8 buah
Spesifikasi Pipa			
OD Pengeluaran	4,500 in	1,900 in	1,900 in
ID Pengeluaran	3,826 in	1,500 in	1,500 in
OD Pengisian	24,000 in	20,000 in	16,000 in
ID Pengisian	23,250 in	19,250 in	15,250 in
Waktu Pengisian	600 menit	120 menit	240 menit
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit
Harga	\$ 666.132	\$ 500.089	\$ 995.195

3.3.2 Spesifikasi Alat Kecil

a. *Heat Exchanger*

Tabel 3. 12 Spesifikasi *heat exchanger*

Kode	HE-01	HE-02	HE-03	HE-04
Fungsi	Menaikkan temperature umpan Butanol dari 30°C menjadi 93°C dari tangka penyimpanan (T-01) menuju reaktor (R-01)	Menaikkan temperature umpan Asam Asetat dari 30°C menjadi 93°C dari tangka penyimpanan (T-02) menuju reaktor (R-01)	Menaikkan temperature bahan keluaran Filter (F-01) dari 40°C menjadi 120°C menuju Menara Distilasi (MD-01)	Memanaskan udara masuk rotary dryer (RD-01)
Jenis	Double Pipa Heat Exchanger	Double Pipe Heat Exchanger	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel 167 type 316 SA-</i>
Jumlah Hairpin	16	3	7	1
<i>Annulus</i>				
-IPS	2 in	2 in	3 in	2 in
-OD	2,38 in	2,38 in	3,5 in	2,380 in
-ID	2,067 in	2,067 in	3,068 in	2,067 in
- <i>Surface Area</i>	0,622 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft	0,917 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft
-Panjang	15 ft	12 ft	20 ft	12 ft
<i>Inner Pipe</i>				
-IPS	1,25 in	1,25 in	2 in	1,25 in

Tabel 3.12 Spesifikasi *heat exchanger* (Lanjutan)

-OD	1,66 in	1,66 in	2,38 in	1,6 in
-ID	1,38 in	1,38 in	2,067 in	1,375 in
- <i>Surface Area</i>	0,435 ft ² /ft	0,435 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft	0,435 ft ² /ft
-Panjang	15 ft	12 ft	20 ft	12 ft
A	147,59 ft ²	19,48 ft ²	131,93 ft ²	18,66 ft ²
UD	49 Btu/hr.ft ² .F	59 Btu/hr.ft ² .F	89 Btu/hr.ft ² .F	50 Btu/hr.ft ² .F
UC	109,7560 Btu/hr.ft ² .F	89,1312 Btu/hr.ft ² .F	240,9590 Btu/hr.ft ² .F	57,523 Btu/hr.ft ² .F
Rd	0,011	0,006	0,007	0,003
Rd min	0,001	0,001	0,001	0,001
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 unit
Harga	\$ 8.0008	\$ 3.915	\$ 7.830	\$ 4.093

b. *Cooler*Tabel 3. 13 Spesifikasi *cooler*

Kode	CL-01	Kode	CL-02
Fungsi	Menurunkan temperatur aliran keluar Reaktor (R-02) dari 93C menjadi 30 C untuk diumpankan ke Filter (F-01)	Fungsi	Menurunkan temperatur hail bawah menara destilasi (MD-01) dari 126,12°C menjadi 30°C untuk dilanjutkan ke tangki produk (T-03)
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
<i>Shell</i>		Jumlah Hairpain	8
-ID	17 in	<i>Annulus</i>	
-Pass	1	-IPS	4 in
-Panjang	12 ft	-OD	4,5 in
<i>Tube</i>		-ID	4,026 in
-Jumlah Tube	196	- <i>Surface Area</i>	1,178 ft ² /ft
-Pass	2	-Panjang	15 ft
-OD	0,75	<i>Inner Pipe</i>	
-Pt	1 Triangular	-IPS	3 in
-BWG	12	-OD	3,5 in
UC	144,9343 Btu/hr.ft ² .F	-ID	3,068 in
UD	94,0295 Btu/ hr.ft ² .F	<i>Surface Area</i>	0,917 ft ² /ft
Rd	0,0037	Panjang	15 ft
Rd min	0,003	A	134,03 ft ²
Jumlah	1	UD	110 Btu/ hr.ft ² .F
Harga	\$ 8.186	UC	117,186 Btu/ hr.ft ² .F
		Rd	0,001
		Rd min	0,001
		Jumlah	1
		Harga	\$ 7.830

c. Pompa

Tabel 3. 14 Spesifikasi pompa

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Memompa bahan baku C_4H_9OH (Butanol) dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor (R-01)	Memompa bahan baku CH_3COOH (Asam Asetat) dari tangki penyimpanan (T-02) menuju reaktor (R-01)	Memompa bahan keluaran Reaktor (R-01) menuju ke Reaktor (R-02)	Memompa bahan keluaran Reaktor (R-02) menuju Filter (F-01)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Dimensi Pipa				
- IPS	2 in	1,5 in	4 in	4 in
- <i>Sch Number</i>	40	40	40	40
- OD	2,38 in	1,9 in	4,5 in	4,5 in
- ID	2,067 in	1,61 in	4,026 in	4,026 in
Dimensi Daya				
- Friction Head	0,03	0,027	0,016	0,016
- Efisiensi Motor	80%	80%	80%	80%
- Daya Motor	0,167 Hp	0,125 Hp	1 Hp	1 Hp
Kecepatan Putar	2601,113 rpm	1999,814 rpm	6945,196 rpm	4226,764 rpm
Jumlah	1	1	1	1
Harga	\$ 9.610	\$ 9.432	\$ 11.033	\$ 9.254

Tabel 3.14 Spesifikasi pompa (Lanjutan)

Kode	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Memompa bahan keluaran filtrasi (F-01) menuju Menara Distilasi (MD-01)	Memompa reflux dari Akumulator (ACC-01) ke Menara Distilasi (MD-01)	Memompa bahan keluaran hasil bawah menara distilasi (MD-01) menuju tangki penyimpanan produk (T-03)	Memompa bahan yang ada pada lapisan atas (ACC-01) menuju Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Dimensi Pipa				
- IPS	4 in	8 in	2 in	4 in
- <i>Sch Number</i>	40	40	40	40
- OD	4,5 in	8,625 in	2,38 in	4,5 in
- ID	4,026 in	7,981 in	2,067 in	4,026 in
Dimensi Daya				
- Friction head	0,220	0,016	0,021	0,020
- Efisiensi motor	83%	82%	80%	80%
- Daya motor	5 Hp	10 Hp	0,5 Hp	0,5 Hp
Kecepatan Putar	1364,677 rpm	4008,233 rpm	1729,399 rpm	6368,815 rpm
Jumlah	1	1	1	1
Harga	\$ 10.500	\$ 9.966	\$ 9.610	\$ 10.144

Tabel 3.14 Spesifikasi pompa (Lanjutan)

Kode	P-09	P-10
Fungsi	Memompa keluaran dari (ACC-01) menuju UPL	Memompa keluaran RD-01 menuju ke UPL
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Dimensi Pipa		
-IPS	2 in	0.25 in
-Sch Number	40	40
-OD	2,38 in	0,54in
-ID	2,067 in	0,364 in
Dimensi Daya		
-Friction Head	0,025	0,030
-Efisiensi Motor	80%	80%
-Daya Motor	0,25 Hp	0.050 Hp
Kecepatan Putar	4055,027 rpm	1177,029 rpm
Jumlah	1	1
Harga	\$ 10.500	\$ 9.076

3.4 Neraca Massa

a. Reaktor-01 (R-01)

Tabel 3. 15 Neraca massa Reaktor (R-01)

Komponen	Massa Input (Kg/Jam)					Massa Output (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 8	Arus 15	Arus 4
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	15216.4672			61.6267	12018,4375	12842.6983
Asam Asetat (CH ₃ COOH)		2467.5352		3.0844	115,5288	542.8577
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)			13.9945			3721.0431
Air (H ₂ O)	153.7016	4.9449	1.0916	20.3247	121,6299	755.6987
Amberlyst 15				1945.2402		1945.2402
Total	19807.5382					19807.5382

b. Reaktor-02 (R-02)

Tabel 3. 16 Neraca massa Reaktor-02 (R-02)

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
	Arus 4	Arus 5
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	12842.6983	12325.3384
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	542.8577	123.3767
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)	3721.0431	4532.0396
Air (H ₂ O)	755.6987	881.5430
Amberlyst 15	1945.2402	1945.2402
Total	19807.5382	19807.5382

c. **Filter (F-01)**

Tabel 3. 17 Neraca massa pada Filter (F-01)

Komponen	<i>Input (Kg/jam)</i>	<i>Output (Kg/jam)</i>	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	12325.3384	61.62669	12263.7117
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	123.3767	3.08441	120.2923
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)	4532.0396	22.66019	4509.3794
Air (H ₂ O)	881.5430	22.03857	859.5045
Amberlyst 15	1945.2402	1945.2402	
Total	19807.5382	19807.5382	

d. **Rotary Dryer (RD-01)**

Tabel 3. 18 Neraca massa pada *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	<i>Input (Kg/jam)</i>	<i>Output (Kg/jam)</i>	
	Arus 6	Arus 8	Arus 9
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	61.62669	61.62669	
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	3.08441	3.08441	
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)	22.66019		22.66019
Air (H ₂ O)	22.03857	20.27756	1.76101
Amberlyst 15	1945.2402	1945.2402	
Total	19807.5382	19807.5382	

e. **Menara Distilasi (MD-01)**

Tabel 3. 19 Neraca massa pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	<i>Input (Kg/jam)</i>	<i>Output (Kg/jam)</i>	
	Arus 7	Arus 10	Arus 11
Butanol (C_4H_9OH)	122637117	122637117	
Asam Asetat (CH_3COOH)	1202923	1178865	24058
Butil Asetat ($C_6H_{12}O_6$)	45093794	901876	44191919
Air (H_2O)	8595045	8595045	
Total	177528881	177528881	

f. Accumulator

Tabel 3. 20 Neraca massa pada Accumulator

Komponen	<i>Input (Kg/jam)</i>	<i>Output (Kg/jam)</i>	
	Arus 10	Arus 12	Arus 13
Butanol (C_4H_9OH)	122637117	122637117	
Asam Asetat (CH_3COOH)	1178865	1178865	
Butil Asetat ($C_6H_{12}O_6$)	901876	901876	
Air (H_2O)	8595045	1216299	7378746
Total	133312903	133312903	

f. Reboiler

Tabel 3. 21 Neraca massa pada Reboiler

Komponen	<i>Input (Kg/jam)</i>	<i>Output (Kg/jam)</i>	
	Arus 11	Arus 14	Arus 15
Butanol (C_4H_9OH)		120184375	120184375
Asam Asetat (CH_3COOH)	24058	1155288	1155288
Butil Asetat ($C_6H_{12}O_6$)	44191919		
Air (H_2O)		1216299	1216299
Total	44215977	44215977	

3.5 Neraca Panas

a. Reaktor

Tabel 3. 22 Neraca panas pada Reaktor

Komponen	Q_{masuk} (kJ/jam)	Q_{keluar} (kJ/jam)
Umpan	7982971367	
Produk		2896105515
Q reaksi	6730819696	
Q pendingin	1424726409	
Total	2896105515	2896105515

b. Filter (F-01)

Tabel 3. 23 Neraca panas pada Filter (F-01)

Komponen	$Input$ (kJ/jam)	$Output$ (kJ/jam)	
		Arus 5	Arus 6
Butanol (C_4H_9OH)	2979302346	1489651174	2964405836
Asam Asetat (CH_3COOH)	2400273409	6000683521	2340266573
Butil Asetat ($C_6H_{12}O_6$)	1563444532	7817222664	155562731
Air (H_2O)	9965428976	2491357244	9716293252
Amberlyst 15	3627072079	3627072079	
Sub Total	5029111111	3885123679	4640598744
Total	5029111111	5029111111	

c. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 24 Neraca panas pada Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Q_{masuk} (kJ/jam)	Q_{keluar} (kJ/jam)	
		Arus 8	Arus 9
Butanol (C_4H_9OH)	148965117	508735996	
Asam Asetat (CH_3COOH)	6000683	6334330	
Butil Asetat ($C_6H_{12}O_6$)	78172226		496593469
Air (H_2O)	24913573	115147991	13947734
Amberlyst 15	3627072079	25389504552	
Sub Total	3885123679	26019722870	593323333
Q pemanas	22727922524		
Total	26613046203	26613046203	

d. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 25 Neraca panas pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
		Distilat	Bottom
Butanol (C_4H_9OH)	2482030455	2490701799	563223173
Asam Asetat (CH_3COOH)	24185905	23880648	4935770775
Butil Asetat ($C_6H_{12}O_6$)	835193937	16796334	9293353594
Air (H_2O)	320691857	322376882	
Sub Total	3662102152	2853755662	935461168
P. Kondensor		37966289935	
P. Reboiler	38093404610		
Total	41755506763	41755506763	

e. Heater-01 (HE-01)

Tabel 3. 26 Neraca panas pada *Heater-01* (HE-01)

Komponen	Q_{masuk} (kJ/jam)	Q_{keluar} (kJ/jam)
Asam Asetat (CH_3COOH)	1639999127	23042235935
Air (H_2O)	32042279	434147397
Subtotal	1672041406	2347638333
Q pemanas	2180434193	
Total	23476383331	23476383331

f. Heater-02 (HE-02)

Tabel 3. 27 Neraca panas pada *Heater-02* (HE-02)

Komponen	Q_{masuk} (kJ/jam)	Q_{keluar} (kJ/jam)
Asam Asetat (CH_3COOH)	263705720	3715339295
Air (H_2O)	1030879	13967587
Subtotal	2647365980	3729306881
Q pemanas	346457029	
Total	3729306881	3729306881

g. *Heater-03 (HE-03)*

Tabel 3. 28 Neraca Panas pada *Heater-03 (HE-03)*

Komponen	Q _{masuk} (kJ/jam)	Q _{keluar} (kJ/jam)
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	3984070233	24820304552
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	38791370	241859043
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)	1333732136	8351939362
Air (H ₂ O)	536845299	3206918567
Subtotal	5893439039	36621021524
Q pemanas	3072758248	
Total	36621021524	36621021524

h. *Heater-04 (HE-04)*

Tabel 3. 29 Neraca panas pada *Heater-04 (HE-04)*

Komponen	Q _{masuk} (kJ/jam)	Q _{keluar} (kJ/jam)
Nitrogen (N ₂)	2830589788	2980893941
Oksigen (O ₂)	6678004128	7090484146
Subtotal	3498390201	3689942356
Q pemanas	3340103312	
Total	3689942356	3689942356

i. *Cooler-01 (CL-01)*

Tabel 3. 30 Neraca panas pada *Cooler-01 (CL-01)*

Komponen	Q _{masuk} (kJ/jam)	Q _{keluar} (kJ/jam)
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	187667294	1335695888
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	18678734	1325771378
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)	6305984694	4468015437
Air (H ₂ O)	2503692885	1847852244
Amberlyst 15	1182929987	8698014508
Sub Total	2894612431	206752,0527
Q pendingin		2687860378
Total	2894612431	2894612431

j. *Cooler-02 (CL-02)***Tabel 3. 31** Neraca panas pada *Cooler-02 (CL-02)*

Komponen	Q_{masuk} (kJ/jam)	Q_{keluar} (kJ/jam)
Butanol (C ₄ H ₉ OH)	5.632128	264351
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	493568	23140
Butil Asetat (C ₆ H ₁₂ O ₆)	929317980	43329619
Subtotal	935443674	43617111
Q pendingin		891826564
Total	9354436742	9354436742

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik merupakan unsur yang kuat dalam menunjang berhasil atau tidaknya suatu industri. Diperlukan pertimbangan yang mendalam dari berbagai factor guna memilih lokasi pabrik. Hal utama yang harus diperhatikan adalah suatu pabrik harus dilokasikan sedemikian rupa sehingga memiliki biaya produksi dan distribusi seminimal mungkin serta memiliki kemungkinan yang baik untuk dikembangkan.

Pabrik butil asetat dengan bahan baku butanol dan asam asetat akan direncanakan didirikan di daerah Jl. Pulau Tirang Tampak, Tugurejo, Kec. Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah.



Gambar 4. 1 Peta lokasi pabrik

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu variable yang penting dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Pabrik harus didirikan pada suatu daerah dimana bahan baku mudah diperoleh atau tersedianya sarana transportasi yang memadai. Bahan baku Butanol didapatkan dari PT. Petro Oxo Nusantara, Gresik; Asam Asetat diperoleh dari PT. Indo Acidatama Tbk, Surakarta; dan Amberlyst 15 yang diimpor dari Jinan Boss Chemical Industry Co., Ltd, China, hal ini dikarenakan tidak adanya produsen dari Indonesia yang memproduksi Amberlyst 15.

b. Penyediaan Utilitas

Pabrik harus didirikan di daerah yang menyediakan sumber utilitas yang cukup. Kebutuhan air dapat diperoleh dari air laut, sedangkan kebutuhan listrik dapat dipenuhi oleh PLN, serta bahan bakar diperoleh dari Pertamina.

c. Sarana Transportasi

Transportasi merupakan hal yang sangat penting, baik digunakan untuk pengadaan bahan baku maupun pendistribusian produk. Daerah Semarang, Jawa Tengah, tersedia sarana transportasi darat (jalan raya, jalur toll, maupun jalur kereta) serta transportasi laut dengan adanya Pelabuhan Tanjung Emas Semarang untuk sarana ekspor impor terutama impor bahan baku

dari butil asetat.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperbesar jalannya proses produksi. Untuk tenaga kerja dengan kualitas tertentu dapat dengan mudah didapatkan baik dari kota semarang sendiri ataupun daerah lain, hal ini mengingat Semarang sendiri memiliki beberapa universitas yang yang dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja yang terampil. Sedangkan untuk tenaga operator kebawah dapat diambil dari penduduk sekitar pabrik baru sehingga diharapkan dapat menurunkan angka TPT (Tingkat Pengangguran Terbuka).

e. Keadaan Iklim

Semarang memiliki kondisi iklim yang sama seperti daerah lain di Indonesia beriklim tropis yang tidak menimbulkan masalah untuk dapat mengoperasikan pabrik. Serta lokasi pabrik yang berada cukup jauh dari daerah yang rawan banjir di daerah Semarang.

f. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik diusahakan cukup dekat dengan lokasi pemasaran atau tersedianya sarana transportasi yang cukup mudah untuk pendistribusian produk ke konsumen. Karena produk pabrik sebagian besar digunakan dalam industri, maka

pemilihan lokasi pada Jl. Pulau Tirang Tampak, Tugurejo, Kec. Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah sudah tepat, hal ini dikarenakan lokasi pabrik diatas dekat dengan Kawasan Industri Wijayakusuma Semarang. Hal ini memungkinkan untuk mempermudah pendistribusian produk serta memperkecil jarak antara pabrik butil asetat dengan pabrik- pabrik yang membutuhkannya. Produk butil asetat yang dihasilkan sebagian besar akan dipasarkan di dalam negeri.

g. **Pengolahan Limbah**

Limbah pabrik tidak akan dibuang langsung ke lingkungan namun diolah terlebih dahulu di Unit Pengolahan Limbah (UPL). Untuk limbah cair dilakukan penyesuaian pH dengan lingkungan sehingga aman saat dibuang ke lingkungan. Sedangkan limbah padat yaitu katalis, endapan-endapan dan resin diolah dahulu dan diregenerasi sehingga dapat digunakan Kembali.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung mempengaruhi operasional proses di pabrik, tetapi dapat mempengaruhi kelancaran proses operasional saat pendirian pabrik. Faktor-faktor sekunder ini meliputi:

a. **Perluasan Area Pabrik**

Perluasan pabrik ini harus masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini bertujuan agar masalah

kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

b. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Disamping itu pabrik juga harus berwawasan lingkungan artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan.

c. Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industry dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di Semarang dirasa tepat. Dari pertimbangan faktor-faktor di atas, maka lokasi pendirian pabrik Pabrik butil asetat dengan bahan baku butanol dan asam asetat didirikan di daerah Jl. Pulau Tirang Tampak, Tugurejo, Kec. Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah.

d. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar

diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti *hydrant*, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakkan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri saat terjadinya keadaan darurat.

e. Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan Prasarana sosial yang disediakan berupa penyediaan sarana umum seperti tempat ibadah, sekolah, rumah sakit serta adanya penyediaan bengkel industri.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penimbunan bahan, baik bahan baku maupun produk. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dan kelancaran proses produksi terjamin.

Tata letak pabrik harus memperkirakan penentuan penempatan alat-alat produksi, sehingga alir proses produksi dapat berjalan dengan lancar serta faktor keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terjamin. Selain peralatan yang tercantum dalam diagram alir beberapa

bangunan fisik lain seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, pos penjagaan dan sebagainya hendaknya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu, ditinjau dari segi lalu lintas barang, *control* dan keamanan.

Untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah :

- a. Pabrik butil asetat ini merupakan pabrik baru (bukan pengembangan), sehingga penentuan *layout* tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
- b. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa depan.
- c. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perencanaan *layout* selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas, dan dari bahan yang mudah meledak, juga jauh dari asap atau gas beracun.
- d. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah out door untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara out door.
- e. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan atau lahan.

(Vilbrant, 1959)

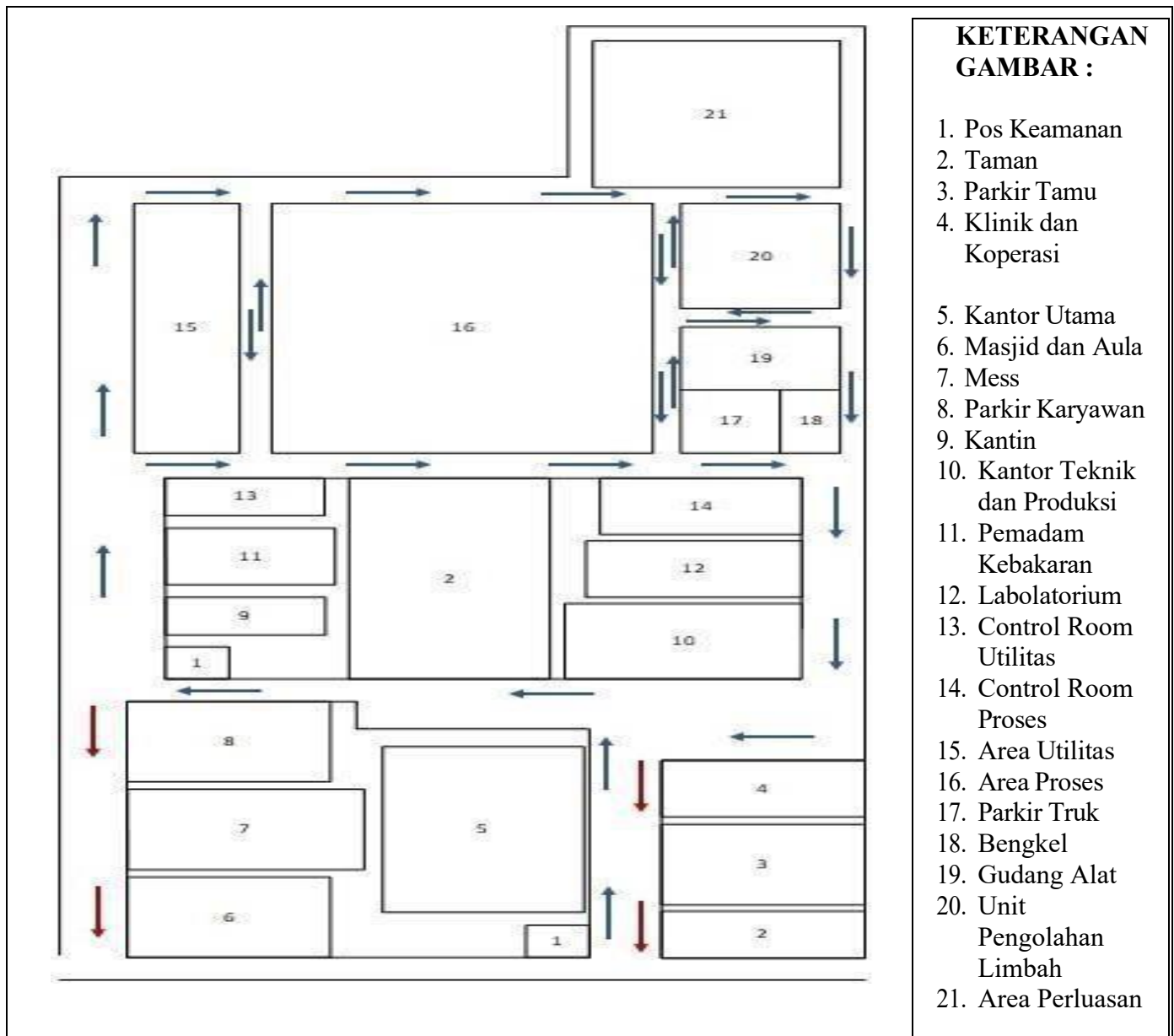
Dalam perancangan tata letak alat proses pada pabrik butil asetat ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Bagian administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang *control*
Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, sedangkan daerah laboratorium dan ruang *control* merupakan pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.
- b. Bagian proses
Daerah proses merupakan tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung.
- c. Bagian pergudangan umum, bengkel, dan garasi
Daerah Gudang merupakan tempat penyimpanan bahan kimia pendukung proses, barang dan suku cadang alat proses. Bengkel digunakan untuk perbaikan alat-alat dan pembuatan alat-alat penunjang proses. Sedangkan garasi untuk tempat alat transportasi yang digunakan pabrik.
- d. Bagian utilitas
Daerah utilitas merupakan daerah dimana terjadi kegiatan penyediaan sarana pendukung proses.
- e. Bagian fasilitas umum
Fasilitas umum merupakan daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja seperti poliklinik, kantin, aula, dan masjid.
- f. Bagian pengolahan limbah
Daerah pengolahan limbah merupakan daerah pembuangan dan

pengolahan limbah yang berasal dari aktivitas pabrik. Daerah ini ditempatkan di tempat yang jauh dari bangunan kantin, poliklinik masjid dan daerah administrasi.

Tabel 4. 1 Perincian luas bangunan pabrik

No	Lokasi	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan I	80
2	Pos Keamanan II	80
3	Taman I	360
4	Taman II	1530
5	Parkiran Tamu	600
6	Klinik dan Koperasi	420
7	Kantor Utama	1260
8	Masjid dan Aula	600
9	Mess	720
10	Parkir Karyawan	600
11	Kantin	240
12	Kantor Teknik dan Produksi	684
13	Pemadam Kebakaran	350
14	Labolatorium	462
15	Control Room Utilitas	240
16	Control Room Area Proses	420
17	Area Utilitas	1008
18	Area Proses	3591
19	Parkir Truk	240
20	Bemgkel	144
21	Gudang Alat	384
22	Unit Pengolahan Limbah	648
23	Area Perluasan	1369
	Luas Bangunan	12.771
	Luas Tanah	16.030
	Total	28.801



Gambar 4. 2 *Layout* pabrik butil asetat dengan skala 1:1000

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Pemasangan alat-alat proses produksi harus diperhatikan terutama pada aliran bahan baku dan produk, lalu lintas alat berat dan jarak antar alat proses. Tujuannya agar kelancaran produksi, keamanan, serta keselamatan terjaga sehingga dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan.

Dalam perencanaan tata letak peralatan proses, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku yang tepat akan menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa, untuk pipa diatas tanah sebaiknya dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah perlu diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

b. Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindar terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja.

c. Pencahayaan

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

d. Lalu Lintas Manusia

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

e. Tata Letak Alat Proses

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

f. Jarak antara Alat Proses

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

g. *Maintenance*

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

(Vilbrant,1959)

4.4 Tata Letak Alat Proses

Tata letak peralatan proses adalah tempat kedudukan dari alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

a. Kelancaran proses produksi lebih terjamin.

- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.
- c. Biaya material handling menjadi lebih rendah dan menyebabkan turunnya atau terhindarnya pengeluaran untuk hal-hal yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan diatur sesuai dengan urutan-urutan proses maka proses produksi akan lancar, sehingga perusahaan tidak perlu membeli alat angkut tambahan yang mengakibatkan biaya lebih efisien.
- e. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja sehingga akan meningkatkan produktivitas kerja.

Hal yang perlu juga untuk dipertimbangkan:

- a. Letak alat dalam ruangan yang cukup sehingga tersedia ruang gerak untuk keperluan perawatan, perbaikan maupun penggantian alat.
- b. Pengaturan tata letak diusahakan sesuai dengan urutan proses.
- c. Penempatan alat *control* atau alat bantu pada alat maupun pipa aliran proses dapat terjangkau dan terlihat jelas untuk pengawasan proses

Faktor – faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses pabrik butil asetat yaitu:

- a. Pertimbangan Ekonomis

Biaya konstruksi diminimumkan dengan jalan menempatkan peralatan yang memberikan system pemipaan sependek mungkin

diantara alat proses, sehingga akan mengurangi daya tekan alat terhadap bahan, akibatnya akan mengurangi biaya variable.

b. Kemudahan Operasi

Letak tiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasaan bergerak pada pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi.

c. Kemudahan Pemeliharaan

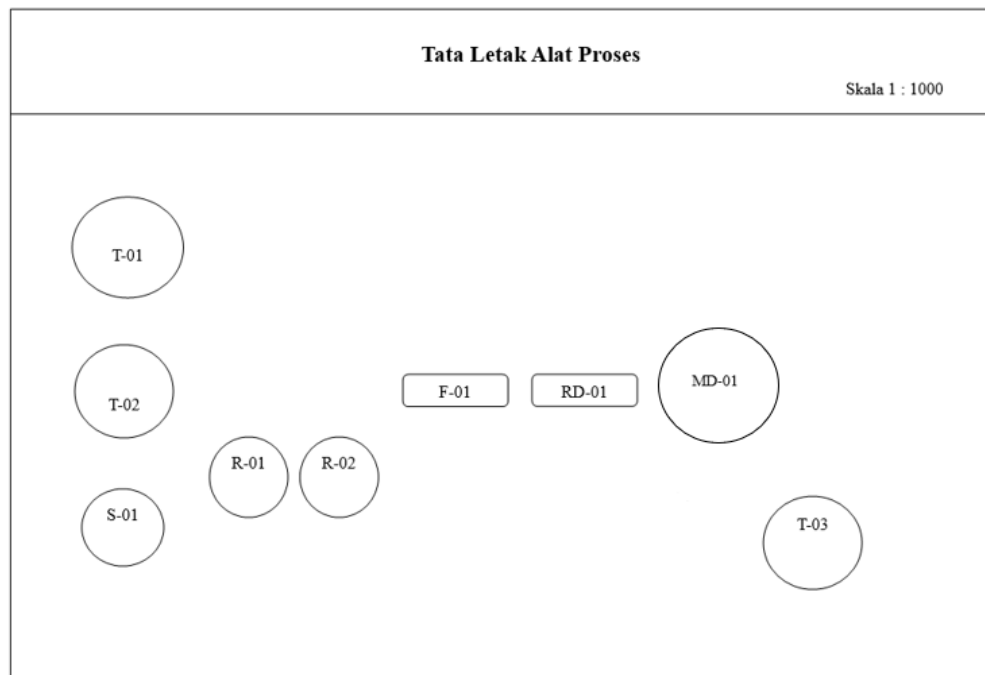
Kemudahan pemeliharaan alat juga dapat dipertimbangkan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini disebabkan karena pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat beroperasi sebagaimana mestinya dan berumur Panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan

d. Keamanan

Pada alat yang bersuhu tinggi diisolasi dengan bahan isolator, sehingga tidak membahayakan pekerja. Selain itu perlu disediakan pintu keluar darurat sehingga memudahkan para pekerja untuk menyelamatkan diri apabila terjadi sesuatu yang tidak diinginkan.

e. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan.



Gambar 4. 3 *Layout* alat proses (skala 1 : 1000)

Keterangan gambar :

- | | |
|-----------------|--------------------------|
| 1. Tangki - 01 | 7. Rotary Dryer - 01 |
| 2. Tangki - 02 | 8. Menara Distilasi - 01 |
| 3. Silo - 01 | 9. Tangki - 03 |
| 4. Reaktor - 01 | |
| 5. Reaktor - 02 | |
| 6. Filter - 01 | |

4.5 Organisasi Perusahaan

4.5.1 Bentuk Organisasi

Sebuah pabrik butil asetat pentahidrat akan didirikan di kawasan Kabupaten Gresik, dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah jenis badan usaha yang modalnya terdiri dari berbagai saham. Modal perusahaan didapatkan melalui penjualan saham, dan

para pemegang saham berhak menentukan kebijakan perusahaan melalui rapat umum pemegang saham. Pemilihan badan usaha ini dilakukan karena kemudahan dalam memperoleh modal, yang memungkinkan perluasan usaha dengan lebih mudah. Selain itu, Perseroan Terbatas cenderung lebih mudah mendapatkan pendanaan dari bank karena statusnya sebagai badan hukum, yang memisahkan kekayaan pribadi dari kekayaan perusahaan.

Dasar-dasar pertimbangan pemilihan perusahaan perseroan terbatas adalah sebagai berikut :

- a. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin sebab tidak tergantung pada pemegang saham, di mana pemegang saham dapat berganti-ganti.
- b. Pemegang saham mempunyai tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutang-hutang perusahaan, sehingga resiko pemegang saham hanya terbatas sampai modal yang disetorkan.
- c. Dapat memperluas lapangan usaha, karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.
- d. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
- e. Manajemen dan sosialisasi yang lebih memungkinkan pengelolaan sumber-sumber modal secara efisiensi.
- f. Pemegang saham melalui rapat umum pemegang saham dapat

memilih direktur yang cakap dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.

4.5.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Pemegang Saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

Untuk mendapatkan sistem organisasi yang baik maka perlu

diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

- a. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- b. Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi
- c. Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi
- d. Adanya kesatuan arah (*unity of direction*)
- e. Adanya kesatuan perintah (*unity of command*)
- f. Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab
- g. Adanya pembagian tugas (*distribution of work*)
- h. Adanya koordinasi
- i. Struktur organisasi disusun sederhana
- j. Pola dasar organisasi harus *relative* permanen
- k. Adanya jaminan jabatan (*unity of tenure*)
- l. Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya
- m. Penempatan orang harus sesuai keahliannya

Dengan berpedoman pada azas tersebut maka diperoleh struktur organisasi yang baik yaitu *System Line and Staff*. Pada system ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Untuk kelancaran produksi, perlu dibentuk

staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada 2 kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu :

- a. Sebagai garis atau linier yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

(Zamani, 1998)

Dewan mewakili para pemegang saham (pemilik perusahaan) dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya. Tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan Umum. Direktur Produksi membawahi bidang pemasaran, keuangan, dan bagian umum. Kedua direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh seorang kepala regu dimana setiap

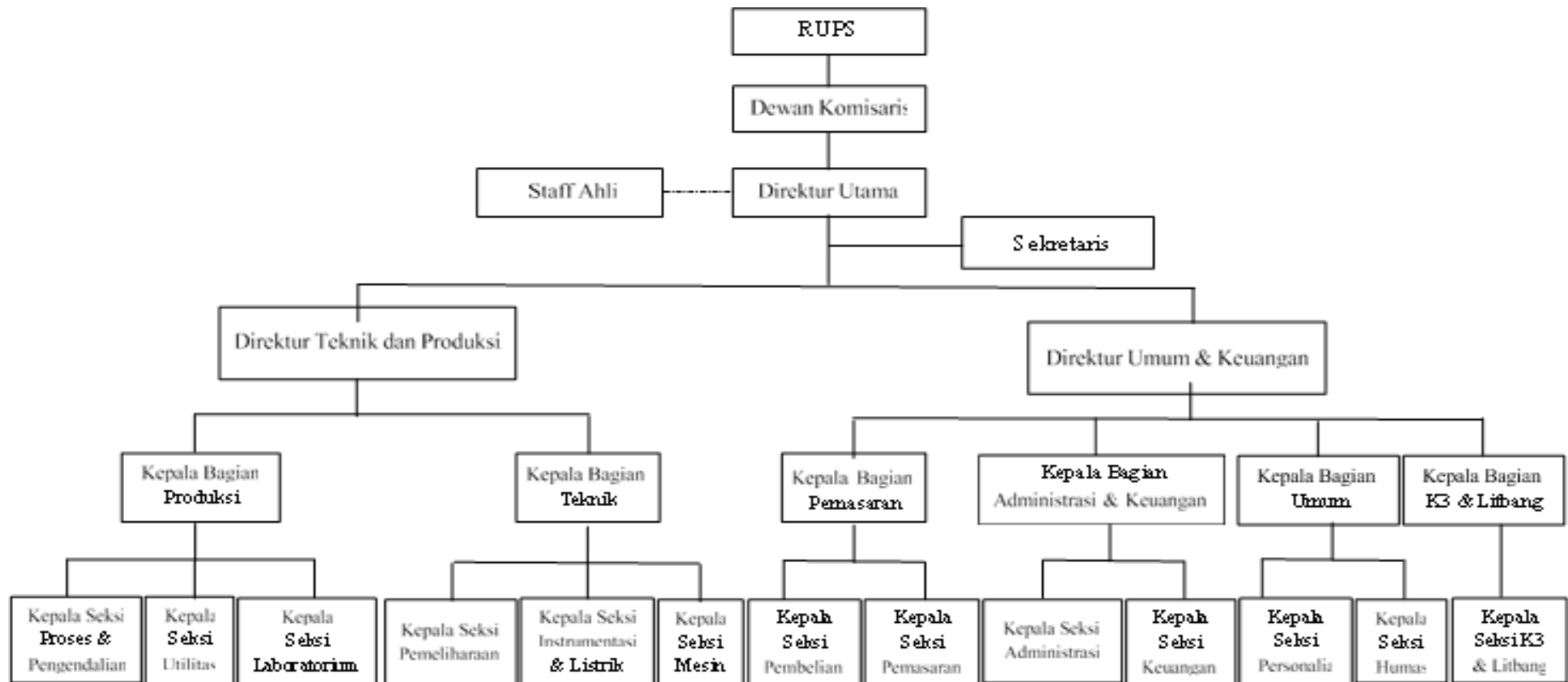
kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas masing-masing seksi (Widjaja, 2003).

Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh seorang kepala regu dimana setiap kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas masing-masing seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi adalah sebagai berikut :

- a. Menjelaskan, membagi, dan membatasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab setiap orang yang terlibat di dalamnya
- b. Penempatan tenaga kerja yang tepat
- c. Pengawasan, evaluasi dan pengembangan perusahaan serta manajemen perusahaan yang lebih efisien
- d. Penyusunan program pengembangan manajemen
- e. Menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
- f. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar

Berikut gambar struktur organisasi pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat 35.000ton/tahun.



Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan pabrik butil asetat

4.5.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah alat perlengkapan perseroan, yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam perseroan. Dalam RUPS, pemegang saham memiliki wewenang untuk:

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direksi.
2. Mengevaluasi kinerja Dewan Komisaris dan Direksi
3. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
4. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung-rugi tahunan dari perusahaan.
5. Menyetujui Laporan Tahunan Perseroan

b. Dewan Komisaris

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

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya.
2. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas direktur.

3. Membantu direktur utama dalam kegiatan yang bersifat penting.

c. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

1. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

2. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

3. Staf Ahli

Staf ahli dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya, baik yang

berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahlian masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi :

- a) Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
- b) Memberi masukan-masukan dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
- c) Memberi saran-saran dalam bidang hukum.

4. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Tugas : mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

4. Kepala Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

5. Kepala Bagian Administrasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

6. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

8. Kepala Bagian Produksi

Tugas : Mengawasi terkait pemakaian bahan baku, pemakaian packing material dengan tujuan

meminimalkan pemborosan dan kegagalan proses, menjaga dan mengawasi agar mutu bahan baku dalam proses dan mutu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

9. Kepala Bagian Teknik

Tugas : Bertanggung jawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses.

5. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

a) Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

b) Kepala Seksi Proses

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

c) Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

d) Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas ; Bertanggung jawab atau kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

e) Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

f) Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahanbaku, bahan pembantu, produk dan limbah.

g) Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhdap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

h) Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

i) Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

j) Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan

dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

k) Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

l) Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4.5.4 Status karyawan

Pada pabrik ini system upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan karyawan tetap, harian dan borongan.

a. Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pecan.

c. Karyawan Borongan

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

4.5.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Sodium thiosulfat pentahidrat ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.

a. Karyawan *Non Shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah direktur staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta karyawan yang berada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut :

Jam kerja

1. Hari Senin-Kamis : Jam 07.30-16.30
2. Hari Jum'at : Jam 07.30-16.30

Jam kerja

1. Hari Senin-Kamis : Jam 12.00-13.00
2. Hari Jum'at : Jam 11.00-13.00

b. Karyawan *Shift*

Yaitu Karyawan shift adalah karyawan yang secara langsung proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gedung dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik.

Para karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian selama 24 jam sebagai berikut :

1. *Shift* pagi : Jam 07.00-15.00
2. *Shift* sore : Jam 15.00-23.00
3. *Shift* malam : Jam 23.00-07.00

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

Tabel 4. 2 Jadwal pembagian kelompok *shift*

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S
2	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M
3	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L
4	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P

Keterangan :

P = *Shift* Pagi

S = *Shift* Siang

M = *Shift* Malam

L = Libur

4.5.6 Status, Sistem Penggajian dan Penggolongan Karyawan

a. Penggolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut rincian penggolongan jabatan.

Tabel 4. 3 Rincian penggolongan jabatan

No.	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Direktur Produksi dan Teknik	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Teknik Kimia
4	Kepala Bagian Penelitian, Mutu dan Pengembangan	Sarjana Ekonomi
5	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	Sarjana Teknik Mesin / Sarjana Teknik Elektro
7	Kepala Departemen Keuangan dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Departemen Administrasi	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Departemen Umum dan Keamanan	Sarjana Hukum
10	Kepala Departemen Kesehatan, Keselamatan dan Lingkungan	Sarjana Teknik Kimia / Sarjana Teknik Lingkungan
11	Kepala Divisi	Sarjana Teknik Kimia
12	Operator	STM / SMU / Sedarajat
13	Sekretaris	Akademi Sekretaris
14	Staff	STM / SMU / Sedarajat
15	Medis	Dokter
16	Paramedis	Keperawatan
17	Lain-lain	SLTA

b. Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh

harian.

3. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan:

Tabel 4. 4 Rincian gaji sesuai jabatan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji /Orang/Bulan(Rp)	Gaji/Bulan(Rp)	Gaji/Tahun(Rp)
1	Direktur Utama	1	Rp52.000.000	Rp52.000.000	Rp624.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp45.500.000	Rp45.500.000	Rp546.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp45.500.000	Rp45.500.000	Rp546.000.000
4	Ka. Bag. Proses dan Utilita	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
5	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
6	Ka. Bag. Litbang dan Pengendalian Mutu	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
7	Ka. Bag. Keuangan dan Pemasaran	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
8	Ka. Bag. Administrasi	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
9	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
10	Ka. Bag. K3 dan Lingkungan	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
11	Ka. Sek. Proses	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
12	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
13	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
14	Ka. Sek Listrik dan Instrumentasi	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
15	Ka. Sek. Litbang	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
16	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
17	Ka. Sek Keuangan	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
18	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
19	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
20	Ka. Sek. Personalia	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000

Tabel 4.4 Rincian gaji sesuai jabatan (Lanjutan)

21	Ka. Sek. Humas	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
22	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
23	Ka. Sek. K3	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
24	Ka. Sek. UPL	1	Rp19.500.000	Rp19.500.000	Rp234.000.000
25	Karyawan Proses	15	Rp10.400.000	Rp176.800.000	Rp2.121.600.000
26	Karyawan Utilitas	12	Rp10.400.000	Rp104.000.000	Rp1.248.000.000
27	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5	Rp9.750.000	Rp48.750.000	Rp585.000.000
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5	Rp10.400.000	Rp52.000.000	Rp624.000.000
29	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4	Rp39.000.000	Rp39.000.000	Rp468.000.000
30	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	4	Rp39.000.000	Rp39.000.000	Rp468.000.000
31	Karyawan Keuangan	3	Rp27.300.000	Rp27.300.000	Rp327.600.000
32	Karyawan Peamasaran	4	Rp36.400.000	Rp36.400.000	Rp436.800.000
33	Karyawan Tata Usaha	3	Rp25.350.000	Rp25.350.000	Rp304.200.000
34	Karyawan Personalia	4	Rp36.400.000	Rp36.400.000	Rp436.800.000
35	Karyawan Hubungan Masyarakat	4	Rp36.400.000	Rp36.400.000	Rp436.800.000
36	Karyawan Keamanan	15	Rp78.000.000	Rp78.000.000	Rp936.000.000
37	Karyawan K3	4	Rp39.000.000	Rp39.000.000	Rp468.000.000
38	Karyawan UPL	4	Rp39.000.000	Rp39.000.000	Rp468.000.000
39	Operator Proses	25	Rp162.500.000	Rp162.500.000	Rp1.950.000.000
40	Operator Utilitas	12	Rp78.000.000	Rp78.000.000	Rp936.000.000
41	Sekretaris	10	Rp84.500.000	Rp84.500.000	Rp1.014.000.000
42	Dokter	3	Rp27.300.000	Rp27.300.000	Rp327.600.000
43	Perawat	4	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
44	Supir	7	Rp31.850.000	Rp31.850.000	Rp382.200.000
45	Cleaning Service	15	Rp76.050.000	Rp76.050.000	Rp912.600.000
Total		186	Rp774.670.000	Rp1.861.600.000	Rp22.339.200.000

4.5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antar lain :

a. Tunjangan

1. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah kerja.

b. Cuti

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

c. Pakaian

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

d. Pengobatan

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

e. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebihdari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per

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

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

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas adalah fasilitas pendukung yang sangat penting untuk memastikan kelancaran proses produksi. Fasilitas pendukung ini mencakup segala sarana yang dibutuhkan di luar bahan baku dan bahan tambahan agar proses produksi berjalan sesuai rencana. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik ini antara lain:

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar
- f. Unit Pengelolaan Limbah

Gambar 5. 1 Diagram pengolahan air utilitas

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screening*
3. R-01 : Reservoir
4. BU-01 : Bak Pengendap (Koagulasi & Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap 1
7. BU-03 : Bak Pengendap 2
8. FU-02 : *Sand Filter*
9. RO-01 : Membran *Reverse Osmosis*
10. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
11. TU-02 : Tangki Klorinasi
12. TU-03 : Tangki Kaporit
13. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
14. TU-05 : Tangki *Service Water*
15. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
16. BU-05 : Bak *Cooling Water*
17. CT-01 : *Cooling Tower*
18. TU-07 : *Mixed-Bed*
19. TU-08 : Tangki NaCl
20. TU-09 : Tangki Air Demin
21. TU-10 : Tangki N_2H_4
22. DE-01 : Deaerator

23. BO-01 : Boiler

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

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Air merupakan kebutuhan pokok dalam pemenuhan kebutuhan proses produksi. Kebutuhan air digunakan sebagai air sanitasi dan rumah tangga, dan air pendingin. Pabrik butil asetat akan didirikan di daerah Semarang, oleh karena itu kebutuhan air diperoleh dari pengolahan air sendiri yang berasal dari air laut. Air laut yang mempunyai unsur garam melimpah perlu dihilangkan terlebih dahulu dikarenakan dapat menyebabkan *scaling* apabila masuk ke alat *boiler*.

Pertimbangan menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air selain lokasinya dekat dengan pabrik adalah sebagai berikut :

- a. Air laut dapat diperoleh dengan kuantitas yang besar. Air laut merupakan sumber air dengan kontinuitasnya yang sangat tinggi, karena Negara kepulauan yang terdiri dari banyak pulau dan laut, sehingga membuat candangan air laut tidak ada batasnya.
- b. Mudah dalam pengolahan serta pengaturannya. Hal ini sama dengan pengolahan pada air sungai, namun yang membedakan adalah adanya penambahan proses desalinasi. Untuk proses desalinasi relative mudah karena memanfaatkan membrane.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan:

a. Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air laut yang diperoleh tidak jauh dari lokasi pabrik. Air pendingin ini digunakan sebagai media pendingin pada Reaktor dan juga alat penukar panas.

b. Air Sanitasi

Air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, perumahan, dan pertamanan. Air sanitasi harus memenuhi beberapa syarat, yang meliputi syarat fisik, syarat kimia, dan syarat bakteriologis. Untuk standar secara fisik meliputi suhu air yang harus sama dengan suhu lingkungan, mempunyai warna yang bening/jernih dan tidak memiliki rasa dan bau. Sedangkan untuk standart secara kimia adalah tidak mengandung zat yang tidak beracun (zat organik maupun anorganik). Untuk memenuhi standar tersebut air perlu diproses desalinasi dan klorinasi sehingga air dapat dikonsumsi untuk umum dan sanitasi.

c. Air Umpan *Boiler*

Umpan atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Adapun syarat air umpan boiler, yaitu :

1. Tidak membuih (berbusa).

2. Tidak membentuk kerak dalam reboiler.
3. Tidak menyebabkan korosi pada pipa.

d. Air Pemadam Kebakaran

Air pemadam kebakaran harus ada keberadaannya di setiap pabrik. Jika suatu waktu terjadi kebakaran pada pabrik, dapat diatasi dengan mudah dan cepat dengan air pemadam kebakaran. Maka oleh itu air pemadam kebakaran harus dipersiapkan. Sama seperti penggunaan air yang lainnya, air pemadam kebakaran juga disediakan setelah air laut melawati proses desalinasi.

5.1.2 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 5. 1 Kebutuhan air pembangkit *steam*/pemanas

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater-01	HE-01	11234685
Heater-02	HE-02	1785120167
Heater-03	HE-03	1583239
Heater-04	HE-04	1272421617
Reboiler-01	RB-01	1899411415
Total		3460354983

Pada perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga didapatkan kebutuhan air pembangkit steam sebesar 41524,26 kg/jam.

b. Air Pendingin Cooling Water

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Proses Pendingin *Cooling Water*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	1238236067
Reaktor-02	R-02	1238236067
Cooler-01	CL-01	32398548
Cooler-02	CL-02	1075586447
Condensor-01	CD-01	453415797
Total		5089525702

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga didapatkan kebutuhan air pendingin sebesar 610743,084 kg/jam.

c. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestic meliputi kebutuhan air untuk tempat tinggal dan kebutuhan air karyawan.

1. Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk per orangnya adalah 100- 200 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang : 100 Liter/hari Jumlah

Karyawan : 186 orang
 Kebutuhan Air Total : 792,8350651 kg/jam

2. Kebutuhan Air Area Mess

Jumlah Mess : 60 rumah
 Penghuni Mess : 4 orang Kebutuhan
 Air untuk Mess : 2000 kg/jam

Sehingga Total kebutuhan air domestic didapatkan sebesar
 2792,835 kg/jam.

d. Kebutuhan Service Water

Untuk kebutuhan air service water diasumsikan sekitar 700 kg/jam. Asumsi kebutuhan air ini kemudian digunakan untuk konsumsi umum seperti laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel, dan lain-lain.

Tabel 5. 3 Total kebutuhan air

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	Domestik Water	2792835
2	Service Water	700
3	Cooling Water	610743084
4	Steam Water	41524260
Total		655760179

5.2 Unit Penyediaan Steam

Unit ini digunakan untuk mempersiapkan kebutuhan steam pada proses produksi. Steam dibuat pada ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi perancangan :

Kapasitas : 41524,2598 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 Unit

Ketel uap dilengkapi dengan *unit economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja otomatis. Air yang sebagai umpan masuk boiler terlebih dahulu diatur kadar O₂, Ca, Mg dan silika yang kemungkinan masih terikut. Selain itu juga perlu untuk mengatur pH karena semakin tinggi pH akan menimbulkan korosivitas yang tinggi. Maka dari itu perlu untuk mengatur pH agar bertahan pada range 10,5-11,5.

Sebelum masuk ke boiler, umpan di panaskan terlebih dahulu di dalam *economizer*. Di dalam alat ini terjadi pertukaran panas dengan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Air akan dipanaskan hingga suhunya mengalami kenaikan sebesar 200C, setelah itu baru diumpankan ke boiler.

Tepat di dalam *boiler*, terdapat api yang akan keluar dari *burner* (alat pembakaran) yang berfungsi untuk melakukan pemanasan di lorong api dan pipa pipa api. Gas sisa pembakaran nantinya akan masuk ke dalam *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler dapat menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa pipa api. Karena penyerapan panasnya dilakukan secara maksimal sehingga, air dapat mendidih. Dengan tekanan sebesar 10 bar, uap air dapat terbentuk dan terkumpul untuk dialirkan ke *steam header* dan siap didistribusikan ke unit-unit proses.

5.3 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena :

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan.

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan.

Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat control. Untuk rincian kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat sebagai berikut :

a. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor-01	R-01	3	22371
Reaktor-02	R-02	3	22371
Filter-01	F-01	005	37285
Rotary Dryer-01	RD-01	5	37285
Screw Conveyor-01	SC-01	05	37285
Blower-01	B-01	005	37285
Cooling Conveyor-01	CC-01	3	22371
Pompa-01	P-01	0167	1245319
Pompa-02	P-02	0125	932125
Pompa-03	P-03	0333	2483181
Pompa-04	P-04	1	7457
Pompa-05	P-05	5	37285
Pompa-06	P-06	2	14914
Pompa-07	P-07	05	37285
Pompa-08	P-08	05	37285
Pompa-09	P-09	075	559275
Pompa-10	P-10	005	37285
Pompa-11	P-11	0333	2483181
Pompa-12	P-12	005	37285
Total		25408	18946746

Sehingga Power yang dibutuhkan untuk alat proses sebesar 18,947 kW.

b. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	14914
Blower Cooling Tower	BL-01	60	44742
Kompresor Udara	CP-01	10	7457
Pompa-01	P-01	150	111855
Pompa-02	P-02	125	932125
Pompa-03	P-03	125	932125
Pompa-04	P-04	3	22371
Pompa-05	P-05	125	932125
Pompa-06	P-06	125	932125
Pompa-07	P-07	60	44742
Pompa-08	P-08	75	559275
Pompa-09	P-09	60	44742
Pompa-10	P-10	005	37285
Pompa-11	P-11	1	7457
Pompa-12	P-12	1	7457
Pompa-13	P-13	017	12428333
Pompa-14	P-14	017	12428333
Pompa-15	P-15	25	18642,5
Pompa-16	P-16	30	22371
Pompa-17	P-17	033333	24856667
Pompa-18	P-18	60	44742
Pompa-19	P-19	30	22371
Pompa-20	P-20	005	37,285
Pompa-21	P-21	40	29828
Total		1107767	826061603

Sehingga power yang dibutuhkan untuk alat utilitas sebesar 826,062 kW.

c. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC

1. Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sebesar 20 kW.
2. Listrik yang digunakan sebagai penerangan diperkirakan sebesar 150 kW.

d. Kebutuhan Listrik untuk Bengkel dan Laboratorium

Diperkirakan listrik untuk bengkel dan laboratorium sekitar 100kW.

e. Kebutuhan Listrik untuk Instrumentasi

Diperkirakan listrik untuk instrumentasi sekitar 30 kW. Berikut rincian kebutuhan listrik pada pabrik butil asetat :

Tabel 5. 6 Rincian kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Kebutuhan Plant	
	Alat Proses	18947
	Utilitas	826062
2	Listrik AC	20
	Listrik Penerangan	150
3	Laboratorium dan Bengkel	100
4	Instrumentasi	30
Total		1145008

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses adalah 1145,008 kW.

Dengan mengambil faktor daya 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 568,740 kW. Kebutuhan listrik untuk pabrik butil asetat ini dapat dipenuhi oleh PLN dan generator sebagai cadangannya.

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan dibutuhkan untuk penggunaan alat pneumatic control. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 46,728 m³/jam.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Keperluan bahan bakar akan dipersiapkan pada unit ini. Kebutuhan bahan bakar diperlukan pada boiler dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator yaitu solar sebanyak 196,651 kg/jam. Sedangkan untuk boiler digunakan bahan bakar fuel oil sebesar 1861,599 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik butil asetat dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu :

a. Bahan buangan cair

Buangan cairan dapat berupa :

1. Air buangan yang mengandung zat organik.
2. Buangan air domestic.
3. Back *washfilter*, air berminyak dari pompa.
4. *Blow down coolingwater*.

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

b. Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka

dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi pompa utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari Laut yang melewati \\Screening	Mengalirkan air laut dari screening ke Reservoir/Sedimentasi (RU-01)	Mengalirkan air dari Bak Reservoir (RU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju ke Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01) menuju ke Bak Pengendap I (BU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Comercial steel</i>				
Kapasitas (gpm)	4379,56	4160,58	3952,55	0,019	3952,55
Ukuran Pipa					
IPS	24	24	24	0,13	24
Flow Area, in ²	425	425	425	0,06	425
OD (in)	24	24	24	0,41	24
ID (in)	23,25	23,25	23,25	0,27	23,25
Efisiensi Pompa	95%	95%	95%	40%	95%
Tenaga Pompa (Hp)	62,414	63,68	51,52	1,28	55,05
Tenaga Motor (Hp)	75	75	60	3	75

Tabel 5. 8 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas

Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi	Mengalirkan air dari bak pengendap I (BU-02) menuju bak pengendap II (BU-03)	Mengalirkan air dari bak pengendap II (BU-03) menuju ke sand filter (F-01)	Mengalirkan air dari sand filter (F-01) menuju ke bak Penampung Sementara (BU-04)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-04) menuju ke area kebutuhan air
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Kapasitas (gpm)	3754,93	3567,179	3388,82	3388,82
Ukuran Pipa				
IPS	24	22	22	22
<i>Flow Area</i> , in ²	425	355	355	355
OD (in)	24	22	22	22
ID (in)	23,25	21,25	21,25	21,25
Efisiensi Pompa	95%	95%	95%	95%
Tenaga Pompa (HP)	51,89	19,39	27,49	15,99
Tenaga Motor (HP)	75	40	40	40

Tabel 5. 9 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas

Kode	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)	Mengalirkan air dari tangki klorinasi (TU-02) ke tangki air bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju area domestik	Mengalirkan air dari Tangki air servis (TU-05) Menuju ke Tangki Air bertekanan (TU-06)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Kapasitas (gpm)	0,00006	14,43	14,43	3,62
Ukuran Pipa				
IPS	0,13	1,25	1,25	0,75
<i>Flow Area</i> , in ²	0,06	2,04	2,04	0,53
OD (in)	0,41	1,9	1,9	1,05
ID (in)	0,27	1,6	1,6	0,82
Efisiensi Pompa	40%	40%	40%	40%
Tenaga Pompa (HP)	0,002	0,29	0,29	0,05
Tenaga Motor (HP)	0,05	1	1	0,17

Tabel 5. 10 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas

Kode	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan (TU-06) menuju ke area kebutuhan servis	Mengalirkan air dari bak air dingin (BU-05) menuju ke Cooling tower (CT-01)	Mengalirkan air dari cooling tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin (BU-05)	Mengalirkan air dari tangki penampung NaCl (TU-08) ke mixed bed (TU-07)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Kapasitas (gpm)	3,62	3156,18	3156,18	11,93
Ukuran Pipa				
IPS	0,75	18	18	1,25
Flow Area, in ²	0,53	234	234	1,5
OD (in)	1,05	18	18	1,66
ID (in)	0,82	17,25	17,25	1,38
Efisiensi Pompa	40%	94%	94%	40%
Tenaga Pompa (HP)	0,05	18,56	17,99	0,17
Tenaga Motor (HP)	0,17	25	30	0,33

Tabel 5. 11 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas

Kode	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari mixed bed (TU-07) menuju ke Tangki air Demin (TU-09)	Mengalirkan air dari tangki air demin (TU-09) menuju ke Tangki Deaerator (De-01)	Mengalirkan Larutan Hydrazine dari tangki N ₂ H ₄ (TU-10) ke tangki deaerator (De-01)	Mengalirkan air dari deaerator (De-01) menuju ke Boiler (Bo-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Kapasitas (gpm)	214,59	214,59	0,0007	214,59
Ukuran Pipa				
IPS	16	16	0,125	16
Flow Area, in ²	183	183	0,06	183
OD (in)	16	16	0,41	16
ID (in)	15,25	15,25	0,27	15,25
Efisiensi Pompa	94%	94%	40%	95%
Tenaga Pompa (HP)	2,72	0,97	0,0000	2,11
Tenaga Motor (HP)	5	3	0,05	5

Tabel 5. 12 Spesifikasi bak utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi).	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2)	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter.	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi				
Bahan	Beton bertulang				
Spesifikasi					
Kapasitas (m^3 /jam)	897,17	897,93	853,04	769,21	732,89
Panjang (m)	-	22,09	21,71	11,54	11,36
Lebar (m)	-	22,09	21,71	11,54	11,36
Tinggi (m)	10,46	11,044	10,86	5,78	5,68
Diameter (m)	10,46	-	-	-	-

Tabel 5. 13 Spesifikasi tangki utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu Operasi	mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	3,39	1,62	0,21	4,68	2,95
Diameter (m)	1,69	1,62	0,21	4,68	2,95
Volume (m^3)	7,68	3,35	0,007	80,43	20,16
Jenis Impeller	-	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 14 Lanjutan spesifikasi tangki utilitas

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃ .	Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger.	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan boiler.	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder Tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	
Spesifikasi					
Tinggi (m)	2,95	1,22	4,53	11,5	4,01
Diameter (m)	2,95	8,27	4,53	11,5	4,01
Volume (m ³)	20,16	54,5	72,76	1195,89	50,65
Jenis Impeller	-	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi saringan utilitas

Kode	FU-01	Kode	FU-02
Fungsi	Menyaring Kotoran-Kotoran yang berukuran besar misalnya daun , ranting dan sampah-sampah lainnya.	Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air laut.
Bahan	Alumunium	Bahan	Spheres
	Spesifikasi		Spesifikasi
Kapasitas (kg/jam)	847.475,23	Kapasitas (Kg/Jam)	690.273,87
Panjang (m)	3,04	Tinggi Lapisan Pasir (m)	1,12
Lebar (m)	2,43	Luas Permukaan (m ³)	70,59
Diameter lubang (cm)	1	Volume (m ³)	94,84
		Tinggi (m)	2,87
		Panjang (m)	5,75
		Lebar (m)	5,75

Tabel 5. 16 Spesifikasi *cooling tower* utilitas

Kode	<i>Cooling Tower</i> (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Bahan	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	9,79
Lebar (m)	9,79
Tinggi (m)	2,06

Tabel 5. 17 Spesifikasi *deaerator*

Kode	(De-01)
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feedwater</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan turbin.
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	41524,260
Diameter (m)	3,97
Tinggi (m)	3,97
Volume (m^3)	49,82

Tabel 5. 21 Spesifikasi *blower cooling tower*

Kode	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan denganair yang akan didinginkan
Jenis	<i>Cetrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m^3 /jam)	14236933,85
Efisiensi	0,8
<i>Power</i> (Hp)	51,32

BAB VI

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 terjadi 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 beberap beberapa hal sebagai berikut :

- a. Modal (*Capital Invesment*)
 - 1. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - 2. Modal kerja (*Working Capital Invesment*)

- b. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
 - 1. Biaya pembuatan (*Manufacturing cost*)
 - 2. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
- c. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- 1. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- 2. Biaya variable (*Variavle Cost*)
- 3. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.1 Penaksiran 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.

Pabrik butil asetat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2024. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2024 diperkirakan secara garis dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2024, dicari dengan persamaan regresi linier.

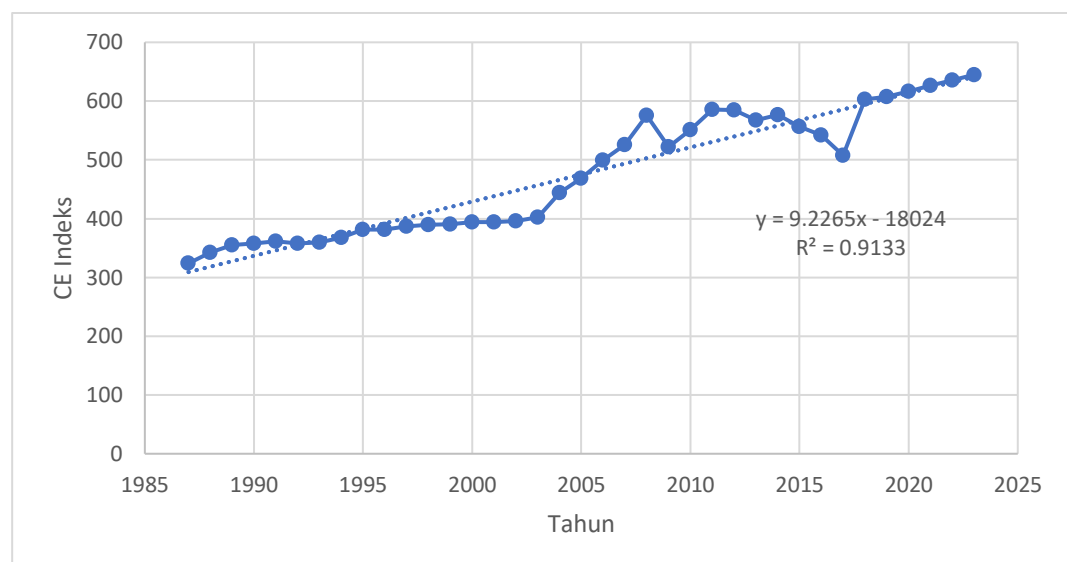
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1998 – 2030

Xi	Indeks (Yi)
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	507,5
2018	603,1
2019	607,2
2020	616,6
2021	626,1
2022	635,5

Tabel 6.1 Indeks harga alat pada tahun 1998 – 2030 (Lanjutan)

2023	644,9
2024	667,928
2025	678,425
2026	688,922
2027	699,419
2028	709,916
2029	720,413
2030	730,910

Berdasarkan data tersebut, maka didapatkan grafik hasil plotting data:

**Gambar 6. 1** Grafik regresi linear

Persamaan regresi linier yang diperoleh adalah $y = 9,22 x - 18.02$.

Pabrik butil asetat 35.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2028, maka persamaan regresi linier diperoleh indeks sebesar 709,916.

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955. Maka

harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

(Aries & Newton, 1955)

$$Ex = Ey \frac{N_x}{N_y} \quad (6.1)$$

Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2029

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2019

Nx : Index harga pada tahun 2029

Ny : Index harga pada tahun referensi 2019

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Harga alat proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX	RUPIAH
				2019	2029	2019	2029	
1	Reaktor-01	R-01	1	607,2	720,413	\$515.700	\$917.779	Rp15.051.577.419
2	Reaktor-02	R-02	1	607,2	720,413	\$515.700	\$917.779	Rp15.051.577.419
3	Filter-01	F-01	1	607,2	720,413	\$663.000	\$1.179.925	Rp19.350.777.252
4	Rotary Dryer-01	RD-01	1	607,2	720,413	\$202.900	\$361.096	Rp5.921.979.946
5	Menara Distilasi-01	MD-01	1	607,2	720,413	\$168.300	\$299.519	Rp4.912.120.379
6	Condensor-01	CD-01	1	607,2	720,413	\$251.300	\$447.232	Rp7.334.615.872
7	Condensor-02	CD-02	1	607,2	720,413	\$96.000	\$170.848	Rp2.801.922.498
8	Reboiler-01	RB-01	1	607,2	720,413	\$85.400	\$151.984	Rp2.492.543.556
9	Accumulator-01	ACC-02	1	607,2	720,413	\$25.400	\$45.203	Rp741.341.994
10	Tangki-01	T-01	1	607,2	720,413	\$374.300	\$666.132	Rp10.924.579.073
11	Tangki-02	T-02	1	607,2	720,413	\$281.000	\$500.089	Rp8.201.460.645
12	Tangki-03	T-03	1	607,2	720,413	\$559.200	\$995.195	Rp16.321.198.551
13	Silo-01	S-01	1	607,2	720,413	\$74.600	\$132.763	Rp2.177.327.275
14	Screw Conveyor-01	SC-01	1	607,2	720,413	\$3.800	\$6.762	Rp110.909.432
15	Screw Conveyor-02	SC-02	1	607,2	720,413	\$3.800	\$6.762	Rp110.909.432
16	Cooling Conveyor-01	CC-03	1	607,2	720,413	\$22.800	\$40.576	Rp665.456.593
17	Heater-01	HE-01	1	607,2	720,413	\$4.500	\$8.008	Rp131.340.117
18	Heater-02	HE-02	1	607,2	720,413	\$2.200	\$3.915	Rp64.210.724

Tabel 6.2 Harga alat proses (Lanjutan)

19	Heater-03	HE-03	1	607,2	720,413	\$4.400	\$7.830	Rp128.421.448
20	Heater-04	HE-04	1	607,2	720,413	\$2.300	\$4.093	Rp67.129.393
21	Cooler-01	CL-01	1	607,2	720,413	\$4.600	\$8.186	Rp134.258.786
22	Cooler-02	CL-02	1	607,2	720,413	\$4.400	\$7.830	Rp128.421.448
23	Pompa-01	P-01	1	607,2	720,413	\$5.400	\$9.610	Rp157.608.141
24	Pompa-02	P-02	1	607,2	720,413	\$5.300	\$9.432	Rp154.689.471
25	Pompa-03	P-03	1	607,2	720,413	\$6.200	\$11.033	Rp180.957.495
26	Pompa-04	P-04	1	607,2	720,413	\$5.200	\$9.254	Rp151.770.802
27	Pompa-05	P-05	1	607,2	720,413	\$5.900	\$10.500	Rp172.201.487
28	Pompa-06	P-06	1	607,2	720,413	\$5.600	\$9.966	Rp163.445.479
29	Pompa-07	P-07	1	607,2	720,413	\$5.400	\$9.610	Rp157.608.141
30	Pompa-08	P-08	1	607,2	720,413	\$5.700	\$10.144	Rp166.364.148
31	Pompa-09	P-09	1	607,2	720,413	\$5.900	\$10.500	Rp172.201.487
32	Pompa-10	P-10	1	607,2	720,413	\$5.100	\$9.076	Rp148.852.133
33	Pompa-11	P-11	1	607,2	720,413	\$5.900	\$10.500	Rp172.201.487
34	Pompa-12	P-12	1	607,2	720,413	\$5.000	\$8.898	Rp145.933.463
Total							\$7.870.262	Rp129.072.311.073

Tabel 6. 3 Harga alat utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX
				2019	2029	2019	2029
1	Screening	FU-01	1	607,2	720,413	\$40.800	\$48.407,20
2	Reservoir	R-01	1	607,2	720,413	\$4.800	\$5.694,96
3	Bak koagulasi & flokulasi	BU-01	1	607,2	720,413	\$4.800	\$5.694,96
4	Tangki alum	TU-01	1	607,2	720,413	\$10.200	\$12.101,80
5	Bak pengendap I	BU-02	1	607,2	720,413	\$4.800	\$5.694,96
6	Bak pengendap II	BU-03	1	607,2	720,413	\$4.800	\$5.694,96
7	Sand Filter	FU-02	1	607,2	720,413	\$8.600	\$10.203,48
8	Bak penampung sementara	BU-04	1	607,2	720,413	\$4.200	\$4.983,09
9	Tangki klorinasi	TU-02	1	607,2	720,413	\$27.800	\$32.983,34
10	Tangki kaporit	TU-03	1	607,2	720,413	\$11.200	\$13.288,25
11	Tangki air bersih	TU-04	1	607,2	720,413	\$10.600	\$12.576,38
12	Tangki service water	TU-05	1	607,2	720,413	\$27.800	\$32.983,34
13	Tangki air bertekanan	TU-06	1	607,2	720,413	\$27.800	\$32.983,34
14	Bak air pendingin	BU-05	1	607,2	720,413	\$4.000	\$4.745,80
15	Cooling tower	CT-01	1	607,2	720,413	\$80.000	\$94.916,07
17	Tangki NaCl	TU-08	1	607,2	720,413	\$3.800	\$4.508,51
19	Tangki air demin	TU-09	1	607,2	720,413	\$27.800	\$32.983,34
20	Dearator	DE-01	1	607,2	720,413	\$10.800	\$12.813,67
21	Tangki N2H4	TU-10	1	607,2	720,413	\$27.500	\$32.627,40

Tabel 6.3 Harga alat utilitas (Lanjutan)

22	Boiler	BO-01	1	607,2	720,413	\$112.600	\$133.594,37
23	Pompa-01	PU-01	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
24	Pompa-02	PU-02	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
25	Pompa-03	PU-03	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
26	Pompa-04	PU-04	1	607,2	720,413	\$200	\$237,29
27	Pompa-05	PU-05	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
28	Pompa-06	PU-06	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
29	Pompa-07	PU-07	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
30	Pompa-08	PU-08	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
31	Pompa-09	PU-09	1	607,2	720,413	\$8.200	\$9.728,90
32	Pompa-10	PU-10	1	607,2	720,413	\$200	\$237,29
33	Pompa-11	PU-11	1	607,2	720,413	\$2.200	\$2.610,19
34	Pompa-12	PU-12	1	607,2	720,413	\$2.200	\$2.610,19
35	Pompa-13	PU-13	1	607,2	720,413	\$800	\$949,16
36	Pompa-14	PU-14	1	607,2	720,413	\$800	\$949,16
37	Pompa-15	PU-15	1	607,2	720,413	\$6.300	\$7.474,64
38	Pompa-16	PU-16	1	607,2	720,413	\$6.300	\$7.474,64
39	Pompa-17	PU-17	1	607,2	720,413	\$2.200	\$2.610,19
40	Pompa-18	PU-18	1	607,2	720,413	\$5.500	\$6.525,48
41	Pompa-19	PU-19	1	607,2	720,413	\$5.500	\$6.525,48
42	Pompa-20	PU-20	1	607,2	720,413	\$200	\$237,29
Total							\$662.276,90

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 35.000 Ton / Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 Tahun
Kurs mata uang	: 1 \$ = Rp 16.400,00 (Per April 2025)
Tahun pabrik didirikan	: 2029
Indeks Harga pada Tahun 2029	: 720,413
Upah Buruh Asing	: \$20,00/man hour
Upah Buruh Indonesia	: Rp 16.400,00/man hour

6.3 Komponen Biaya

a. Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment*

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

2. *Working Capital Investment*

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

Tabel 6. 4 *Physical plant cost (PPC)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	143.346.668.222	8.532.539,78
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	35.836.667.055	2.133.134,94
3	Instalasi cost	38.382.503.883	2.284.672,85
4	Pemipaan	16.871.902.850	1.004.279,93
5	Instrumentasi	35.418.094.784	2.108.219,93
6	Insulasi	5.146.145.389	306.318,18
7	Listrik	57.338.667.289	3.413.015,91
8	Bangunan	89.397.000.000,00	5.321.250,00
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	112.210.000.000,00	6.679.166,67
	Total	533.947.649.472,5	31.782.598,18

Tabel 6. 5 *Direct plant cost (DPC)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1.	<i>Engineering and Constrution</i>	53.394.764.947	3.178.259,82
	Total	587.342.414.420	34.960.858,00

Tabel 6. 6 *Fixed capital investment (FCI)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1.	<i>Direct Plant Cost</i>	587.342.414.420	34.960.858,00
2.	<i>Contractor Fee</i>	176.202.724.326	10.488.257,40
3.	<i>Contingency Cost</i>	146.835.603.605	8.740.214,50
	Total	910.380.742.351	54.189.329,90

Tabel 6. 7 *2. Working Capital Investment (WCI)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	62.211.650.531	3.703.074,44
2.	<i>Inproses Onventory</i>	34.863.531.946	2.075.210,23
3.	<i>Product Inventory</i>	69.727.063.893	4.150.420,47
4.	<i>Extended Credit</i>	86.594.906.364	5.154.458,71
5.	<i>Available Cash</i>	69.727.063.893	4.150.420,47
	Total	323.124.216.625,7	19.233.584,32

b. Biaya Produksi (*Manufacturing cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk, *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing cost* antara lain :

1. *Direct Manufacturing cost* (DMC)

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing cost* (DMC)

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1.	<i>Raw Material</i>	2.932.834.953.594	174.573.509,14
2.	<i>Labor</i>	22.339.200.000	1.329.714,29
3.	<i>Supervision</i>	2.233.920.000	132.971,43
4.	<i>Maintenance</i>	18.207.614.847	1.083.786,60
5.	<i>Plant Supplies</i>	1.820.761.485	108.378,66
6.	<i>Royalty and Patents</i>	40.823.313.000	2.429.959,11
7.	<i>Utilities</i>	84.896.433.370	5.053.359,13
	Total	3.103.156.196.295,5	184.711.678,35

2. *Indirect Manufacturing cost* (IMC)

Indirect Manufacturing cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing cost (IMC)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Payroll Overhead</i>	3.350.880.000	199.457,14
2.	<i>Laboratory</i>	2.233.920.000	132.971,43
3.	<i>Plant Overhead</i>	11.169.600.000	664.857,14
4.	<i>Packaging and Shipping</i>	81.646.626.000	4.859.918,21
	Total	98.401.026.000,0	5.857.203,93

3. *Fixed Manufacturing cost (FMC)*

Fixed Manufacturing cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing cost (FMC)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	72.830.459.388	4.335.146,39
2.	<i>Property tax</i>	9.103.807.424	541.893,30
3.	<i>Insurance</i>	3.641.522.969	216.757,32
	Total	85.575.789.781,0	5.093.797,01

Tabel 6. 11 *Total Manufacturing cost*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	3.103.156.196.296	184.711.678,35
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	98.401.026.000	5.857.203,93
3.	<i>Fixed Manufacturing cost</i>	85.575.789.781	5.093.797,01
	Total	3.287.133.012.076,5	195.662.679,29

c. *Pengeluaran Umum (General Expenses)*

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari

perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6. 12 *General expense (GE)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	Administrasi	197.227.980.725	11.739.760,76
2.	<i>Sales</i>	164.356.650.604	9.783.133,96
3.	<i>Research</i>	115.049.655.423	6.848.193,78
4.	<i>Finance</i>	24.670.099.180	1.468.458,28
	Total	501.304.385.930,6	29.839.546,78

Tabel 6. 13 *Total production cost*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Manufacturing cost</i>	3.287.133.012.076	195.662.679,29
2.	General expense (GE)	501.304.385.931	29.839.546,78
	Total	3.788.437.398.007	225.502.226,07

6.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 4.082.331.300.000

Total Production cost : Rp 3.788.437.398.007

Keuntungan : Total Penjualan – Total biaya produksi

: Rp 293.893.901.993

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 25% dari keuntungan : Rp 73.473.475.498,2

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak

: Rp 220.420.426.494,7

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

a. *Return on Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$\%ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.2)$$

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI\ b = 32\ \%$$

2. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI\ a = 24\ \%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan+Depresant}} \quad (6.3)$$

1. POT Sebelum Pajak (POTb)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun.

POT b = 2,5 tahun

2. POT setelah pajak (POTa)

POT a = 3,1 tahun

c. *Break Even Point* (BEP)

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

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 6. 14 *Annual fixed Manufacturing cost (Fa)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	72.830.459.388,0	4.335.146,39
2.	<i>Property Taxes</i>	9.103.807.423,5	541.893,30
3.	<i>Insurances</i>	3.641.522.969,4	216.757,32
	Total	85.575.789.781,0	5.093.797,01

Tabel 6. 15 *Annual regulated expenses (Ra)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	Gaji Karyawan	22.339.200.000,0	1.329.714,29
2.	<i>Payoll Overhead</i>	3.350.880.000,0	199.457,14
3.	<i>Supervise</i>	2.233.920.000,0	132.971,43
4.	<i>Plant Overhead</i>	11.169.600.000,0	664.857,14
5.	<i>Laboratory</i>	2.233.920.000,0	132.971,43
6.	<i>General Expenses</i>	501.304.385.930,6	29.839.546,78
7.	<i>Maintennace</i>	18.207.614.847,0	1.083.786,60
8.	<i>Plant Supplies</i>	1.820.761.484,7	108.378,66
	Total	562.660.282.262,3	33.491.683,47

Tabel 6. 16 *Annual variable value (Va)*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	2.932.834.953.593,6	174.573.509,14
2.	<i>Packaging and Shipping</i>	81.646.626.000,0	4.859.918,21
3.	Utilitas	84.896.433.370,2	5.053.359,13
4.	<i>Royalties And Patens</i>	40.823.313.000,0	2.429.959,11
	Total	3.140.201.325.963,8	186.916.745,59

Berdasarkan data yang diperoleh dan nilai *Sales price* (Sa) sebesar Rp 4.082.331.300.000,0, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 46,40 \%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu

aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnyasuatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari padabiaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$SDP = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\% \quad (6.5)$$

Didapatkan $SDP = 30,79 \%$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate of return merupakan metode yang digunakan untuk menentukan present value untuk *Cash Flow* di masa depan. Metode ini mempertimbangkan nilai uang tiap tahun dan investasi yang tidak Kembali. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan DCFR yaitu:

$$\frac{(WC+FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + 1+i)^8 + \dots + (1+i)1) \frac{WC+SV}{CV} \quad (6.6)$$

Dimana :

FC = *Fixed capital*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage Value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

R = S

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

$$\text{Salvage Value} = 8\% \times \text{FCI}$$

$$= \text{Rp } 72.830.459.388,0$$

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

$$= \text{Rp } 317.920.985.062,27$$

Setelah dilakukan perhitungan trial and error, maka diperoleh:

$$R = \text{Rp } 51.177.695.644.136,20$$

$$S = \text{Rp } 9.545.658.285.919,57$$

$$I = 0,204750156$$

$$\text{Error} = 41632037358216,70$$

$$\text{Interest (i)} = 20,48\%$$

$$\text{Bunga bank Indonesia} = 6,25\%$$

$$\text{Suku bunga bank tahun 2029} = 9,38\%$$

6.6 Analisis Resiko Pabrik

Analisa risiko pabrik dilakukan untuk menentukan besar kecil risiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap risiko tersebut. Berdasarkan analisa risiko pabrik yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik kalium sulfat termasuk kategori risiko *low risk* dengan mempertimbangkan :

a. Kondisi Operasi

Perancangan pabrik butil asetat dengan suhu 93°C dengan tekanan 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung tidak beresiko melihat kondisi operasi yang konstan pada tekanan 1 atm.

b. Bahan Baku dan Produk

Bahan baku dan produk dari pra rancangan pabrik butil asetat memiliki sifat kimia yang mudah terbakar. Selain itu tidak ada sisa dari proses reaksi yang terbuang ke lingkungan, sehingga terhitung cukup aman untuk lingkungan.

c. Identifikasi *Hazard*

Seperti yang terdapat pada Tabel 6.23 yang berisi identifikasi *Hazard* untuk mengidentifikasi faktor resiko dari berbagai bahan yang digunakan pada perancangan pabrik ini.

Tabel 6. 17 Identifikasi *Hazard*

Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	explosive	flammable	toxic	corrosive	irritant	oxidizing	radioactive		
Bahan Baku									
Butanol	-	√	-	√	√	-	-	- Auto Ignition - Iritan terhadap mata, kulit, dan organ pernapasan - Flammable - Explosive - Reaktif terhadap Oxidizing agents dan logam	- Disimpan pada wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. - Tempat penyimpanan dijauhkan dari sumber panas dan nyala api.
Asam Asetat	-	√	-	√	√	-	-	- Iritan terhadap mata, kulit,dan organ pernapasan - Flammable	- Disimpan pada wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. - Tempat penyimpanan dijauhkan dari sumber panas dan nyala api.
Bahan Pembantu									
Air (H ₂ O)	-	-	-	-	-	-	-	Digunakan sebagai pelarut	Disimpan dalam tempat penyimpanan yang tertutup dengan kondisi sejuk
Amberlyst-15	-	-	-	-	√	-	-	Digunakan sebagai pelarut Iritan terhadap mata dan kulit	Disimpan dalam tempat penyimpanan yang tertutup dengan kondisi sejuk
Produk									
Butil Asetat	-	√	-	√	√	-	-	Iritan terhadap mata,kulit,dan organ pernapasan	Disimpan pada wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik.

d. Bahan Baku

Berdasarkan data yang didapatkan dari Tabel 6.17 di atas mengenai identifikasi *Hazard*, didapatkan beberapa informasi yaitu sebagai berikut:

1. Asam Asetat sebagai bahan baku utama memiliki beberapa risiko. Dengan tindakan pencegahan yang tepat, seperti menjauhkan dari, sumber api, dan penyimpanan dalam wadah tertutup dengan kondisi lingkungan yang sejuk serta kering, risiko dari Asam Asetat dapat diminimalkan. Oleh karena itu, Asam Asetat memiliki kontribusi rendah terhadap risiko pabrik secara keseluruhan.
2. Butanol memiliki beberapa risiko, yaitu *oxidizing*, *flammable*, *irritant*, dan *explosive*. Oleh karena itu, perlu pengelolaan dan penyimpanan yang baik untuk mengurangi risiko ini.

e. Bahan Pembantu

Berdasarkan data yang didapatkan dari Tabel 6.23 di atas mengenai identifikasi *Hazard*, didapatkan beberapa informasi yaitu air sebagai bahan pembantu tidak memiliki risiko. Sedangkan Amberlyst-15 sebagai katalis memiliki resiko iritasi terhadap mata dan kulit.

f. Produk

Berdasarkan data yang didapatkan dari Tabel 6.23 di atas mengenai identifikasi *Hazard*, didapatkan beberapa informasi yaitu butil asetat sebagai produk utama dan air sebagai produk samping

memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa butil asetat bias menyebabkan iritasi terhadap mata, kulit, dan pernafasan.

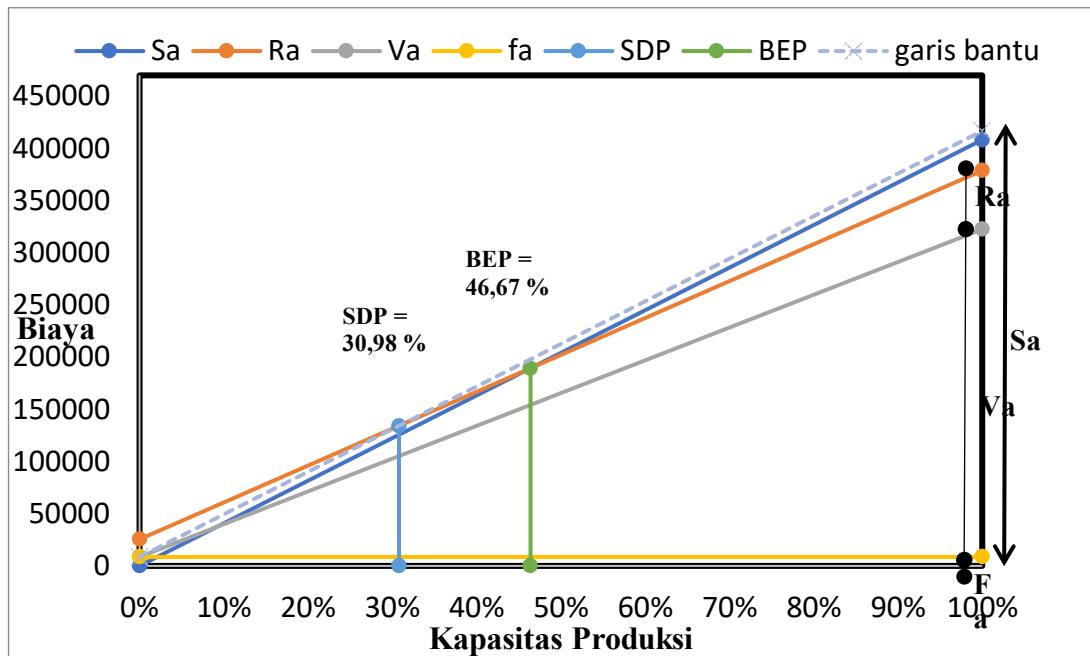
g. Identifikasi Limbah Proses

Pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat memiliki beberapa resiko terkait limbah yang dihasilkan selama proses produksi, diantaranya sebagai berikut.

1. Bahaya kesehatan yang dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan pernafasan.
2. Keamanan pabrik perlu diperhatikan terkait ketidakstabilan bahan kimia yang mudah terbakar.
3. Penanganan dan pembuangan limbah perlu diperhatikan karena kesalahan dalam manajemen limbah seperti katalis dapat menyebabkan masalah pencemaran dan memerlukan biaya tambahan untuk pemrosesan dan pembuangan yang aman dan sesuai peraturan.

Berdasarkan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun memiliki kondisi operasi dengan tekanan atmosfer dan suhu yang rendah, selain itu dari analisis *Hazard* dan limbah pabrik ini memiliki risiko yang dapat dikelola dengan baik dengan implementasi praktik-praktik keamanan yang ketat. Dengan memperhatikan tindakan pencegahan yang disarankan, pabrik ini cenderung memiliki tingkat risiko yang rendah hingga sedang, tergantung pada kepatuhan terhadap prosedur keamanan dan regulasi.

Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut :



Gambar 6. 2 Grafik evaluasi ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik butil asetat dari Butanol dan Asam Asetat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Bahan baku pembuatan butil asetat ialah butanol dan asam asetat dengan bantuan katalis amberlyst 15.
- b. Pendirian pabrik butil asetat bertujuan untuk memenuhi kebutuhan butil asetat di dalam negeri, mengurangi angka impor butil asetat di Indonesia, menciptakan lapangan pekerjaan baru, serta mendorong perkembangan serta pembangunan industri lain yang menggunakan butil asetat sebagai bahan baku di dalam prosesnya.
- c. Pabrik butil asetat dari butadine dan asam asetat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun ini tergolong sebagai pabrik beresiko rendah berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik.
- d. Pabrik butil asetat direncanakan didirikan di daerah Jl. Pulau Tirang Tampak, Tugurejo, Kec. Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah.
- e. Proses pembuatan butil asetat dilakukan dalam reaktor jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan fase cair-cair pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu 93°C.

- f. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:

Tabel 7. 1 Evaluasi ekonomi dan Analisis kelayakan

No.	Parameter kelayakan	Perhitungan	Standar kekayaan (Aries and Newton)
Profit			
1.	Keuntungan sebelum pajak	Rp 293.893.901.993	-
2.	Keuntungan sesudah pajak	Rp 220.420.426.495	Keuntungan setelah pajak (25%)
Return on investment (ROI)			
3.	ROI sebelum pajak	32	Industrial Chemical Low risk min 11%
4.	ROI sesudah pajak	24%	
Pay out time (POT)			
4.	POT sebelum pajak	2,5 tahun	Industrial Chemical POT sesudah pajak: Low risk max 5 tahun
5.	POT sesudah pajak	3,1 tahun	
6.	Break even point (BEP)	46,40 %	40 % - 60 %
7.	Shut Down Point (SDP)	30,79 %	-

7.2 Saran

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

- Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
- Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik yang lebih ramah lingkungan.

- c. Diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Diharapkan produk butil asetat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang dengan jumlah semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., and R. D. Newton. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Brown, G. G. 1973. *Unit Operations*. Modern Asia ed. Tokyo, Japan: Tuttle Company Inc. Brownell, L.E., and E. H. Young. 1979. *Equipment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. *Chemical Equipment Design*, Vol.6. New York: John Wiley and Sons. Inc.
- Faith, W. L., D. B. Keyes, and R. L. Clark. 1975. *Industrial Chemical*, 4th ed. New York: John Willey and Sons Inc.
- Fessenden, R.J., J.S. Fessenden. 1982. Kimia Organik, Jilid 2, Edisi 3. Jakarta: Erlangga.
- Gangadwala, J., Manker, S., Mahajani. 2003. *Esterification of Acetic Acid Butanol in The Presence of Ion-Exchange Resins as Catalyst*. Ind, Eng, Chem, Res., 42:2146-2155.
- Geankoplis, C. J. 1978. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall International, inc.
- Kern, D. Q. 1983. *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill Book Co. Ltd.
- Kirk, R. E., and D.

- F. Othmer. 1979. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. Vol III, XV. Vol. 3. New York: John Willey and Sons Inc.
- McCabe, W. L. and J. C. Smith. 1976. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd ed. Singapore: McGraw Hill, Kogakusha, Ltd.
- McCabe, J.J. 1976. *Encyclopedia of Chemical Processing and Petrochemical Plants*. Singapore: McGraw - Hill International Edition.
- Melfi, D.T., K.C. Santos., L.P. Ramos., M.L. Corazza. 2020. *The Journal of Supercritical Fluids*. 158.
- Perry, R.H. and D. W. Green. 1997, *Perry's Chemical Engineering Handbooks*, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Peters, M. S., and K. D. Timmerhaus. 1981. *Plant Design Economic's for Chemical Engineering's*, 4th ed. New York: McGraw Hill Co. Ltd.
- Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Sularso dan Tahara. 1983. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sert, E., F.S. Atalay. 2010. *Determination of Adsorption and Kinetic Parameters for Butanol-Acetic Acid Esterification System Catalysed by Amberlyst 15*. Progress in Reaction Kinetics and Mechanism. Vol 35: 219-235
- Toor, A. P., Sharma, M., Kumar, G., Wanchoo, R.K. 2011. *Kinetic Study of Esterification of Acetic Acid with n-butanol and isobutanol Catalyzed by Ion*

Exchange Resin. Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis.
6(1):23-30.

Walas, S. M. 1988. *Chemical Process Equipment*. New York : Butterworth
Publishers, Reed Publishing Inc,

Yaws, Carl. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York : McGraw-Hill.

LAMPIRAN 1

PERANCANGAN REAKTOR

LAMPIRAN PERHITUNGAN REAKTOR

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara butanol dengan asam asetat menjadi butil asetat dengan bantuan katalis amberlyst 15.

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk/RATB
(Continuous Stirred Tank Reactor)

Kondisi Operasi : Suhu : 93°C

Tekanan : 1 atm

Alasan Pemilihan :

- a. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi campuran sehingga reaktor yang harus selalu homogen dapat terpenuhi.
- b. Fase reaktan adalah cair-cair sehingga memungkinkan penggunaan RATB.
- c. Pengontrolan suhu mudah, sehingga kondisi operasi yang isothermal dapat terpenuhi.

Tujuan Perancangan :

- a. Menghitung neraca massa
- b. Menghitung neraca panas
- c. Perancangan reactor

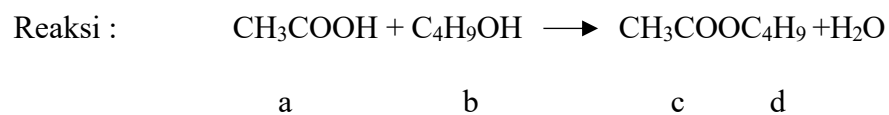
Data Raw Material :

- Butanol (C_4H_9OH) kemurnian 99%
- Asam Asetat (CH_3COOH) kemurnia 99,8%
- Katalis Amberlyst 15 kemurnian 99%

Spesifikasi produk butil asetat yang diinginkan $CH_3COOC_4H_9 = 99\%$

Komponen	BM
C_4H_9OH	74
CH_3COOH	60
Amberlyst 15	139
$CH_3COOC_4H_9$	116
H_2O	18

A. Kinetika Reaksi



Persamaan Laju reaksi

Reaksi dianggap berorde 2 masing-masing terhadap a dan b $(-r_a) = k.C_a.C_b$

Dengan:

$(-r_a)$ = Laju reaksi $CH_3COOC_4H_9$, $kmol/m^3.jam$

K = Konstanta laju reaksi, $m^3/kmol.jam$

C_a = Konsentrasi CH_3COOH , $kmol/m^3$

C_b = Konsentrasi C_4H_9OH , $kmol/m^3$ Pada perancangan ini menggunakan

referensi :

- Konversi sebesar = 95%
- Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk
- Waktu reaksi yang dibutuhkan = 107 menit

Menghitung densitas dan kecepatan laju alir volumetric pada $T = 93^{\circ}\text{C}$

$$T = 93^{\circ}\text{C} = 366 \text{ K}$$

$$\text{Densitas} = A \left[B - \left(1 - \frac{T}{T_c} \right)^n \right]$$

Komponen	A	B	N	Tc	density (ρ), g/ml	ρ , (kg/m^3)
C ₄ H ₉ OH	0,35182	0,26954	0,26843	592,71	0,9688	968,7939
CH ₃ COOH	0,26891	0,26674	0,2457	562,93	0,7464	746,4173
CH ₃ COOC ₄ H ₉	0,29857	0,26028	0,30900	579,65	0,8026	802,5503
H ₂ O	0,34710	0,27400	0,28571	647,13	0,9628	962,7872
Total					3.4805	3480,5488

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraaksi massa (x)	Mol (kmol/jam)	ρ campuran (x/ ρ)	ρ , (kg/m^3)	Fv (m^3/jam)
C ₄ H ₉ OH	15216,4672	0.1246	41,1256	0,0001	968,79390	0,00103
CH ₃ COOH	2467,5352	0.7682	205,6279	0,0010	746,4173	0,00129
CH ₃ COOC ₄ H ₉	0	0	0	0	802,5503	0
H ₂ O	178,2955	0.0090	9,9053	9,34931E-06	962,7872	5,3999
Amberlyst 15	1945,240 3	0.0982	13,9945	8,18392E-05	1200	0,6169
Total	9807,538 2	1	70,6534	0,0012	4680,548	6,4585

Menghitung konsentrasi umpan

- Konsentrasi CH₃COOH (C_{AO}) = 6,3677 kmol/ m^3

- b. Konsentrasi C_4H_9OH (C_{BO}) = 31,8383 kmol/m³ Ratio mol umpan masuk (M) = 5

Diketahui :

$$X_A = 95\%$$

$$r = 107 \text{ menit}$$

Nilai Konstanta Laju Reaksi

Toor et al. (2011) mendapatkan bahwa pada suhu 366,15 K, rasio molar 1:5, dan konsentrasi katalis 112,2 kg/m³, konstanta laju reaksi yang diperoleh adalah:

$$k = 0,026 \text{ menit}^{-1}$$

B. Optimasi Reaktor

Tujuan optimasi reaktor adalah untuk mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor.

- a. Jumlah Reaktor = 1

$$V_1 = \frac{F_{A0}X_1}{-r_{A1}}$$

$$\text{Diperoleh : } X_{A0} = 0 \quad t = 107 \text{ menit}$$

$$X_{A1} = 0,95 \quad V_1 = 183,0112 \text{ m}^3$$

b. Jumlah Reaktor = 2

$$V_1 = \frac{F_{A0}X_1}{-r_{A1}}$$

Diperoleh :	X_{A0}	= 0	t	= 304 menit
	X_{A1}	= 0,78	V_1	= 32,7603 m ³
	X_{A2}	= 0,95	V_2	= 32,7603 m ³

c. Jumlah Reaktor = 3

$$V_1 = \frac{F_{A0}X_1}{-r_{A1}}$$

Diperoleh :	X_{A0}	= 0	t	= 0,87 menit
	X_{A1}	= 0,64	V_1	= 15,9964 m ³
	X_{A2}	= 0,87	V_2	= 15,9964 m ³
	X_{A3}	= 0,95	V_3	= 15,9964 m ³

d. Jumlah Reaktor = 4

$$V_1 = \frac{F_{A0}X_1}{-r_{A1}}$$

Diperoleh :	X_{A0}	= 0	t	= 2,49 menit
	X_{A1}	= 0,54	V_1	= 10,3403 m ³
	X_{A2}	= 0,78	V_2	= 10,3403 m ³
	X_{A3}	= 0,90	V_3	= 10,3403 m ³
	X_{A4}	= 0,95	V_4	= 10,3403 m ³

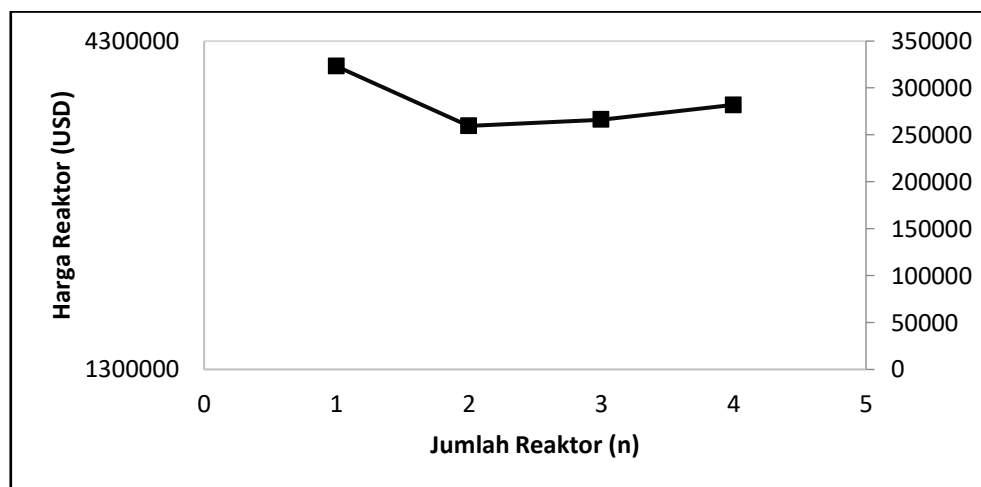
n	X _{A1}	X _{A2}	X _{A3}	X _{A4}
1	0,95			
2	0,78	0,95		
3	0,64	0,87	0,95	
4	0,54	0,78	0,90	0,95

n	V	1,2 x V
1	183,011	219,613
2	32,760	39,312
3	15,996	19,195
4	10,340	12,408

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Dengan menggunakan harga reaktor yang didapat dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Dipilih *stainless stell* sebagai bahan pembuat reaktor.

$$1 \text{ m}^3 = 264,172 \text{ gallons}$$

n	V _{shell} (m ³)	V (gallon)	Biaya/unit (USD)	Total Biaya (USD)
1	219,613	58015,760	323100	323100
2	39,312	10385,232	129800	259600
3	19,195	5070,981	88800	266400
4	12,408	3277,937	70500	282000



Dilihat dari segi ekonomi, jumlah reaktor berpengaruh pada harga reaktor. Dari hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dengan menggunakan 2 buah reaktor.

Menghitung Neraca Massa Reaktor

Konversi $X_{A1} = 78\%$

$X_{A2} = 95\%$

Total Flowrate = 16968,6521 kg/h

Komponen	Input		Output	
	Kmol/h	Kg/h	Kmol/h	Kg/h
C ₄ H ₉ OH	173,5500	12842,6983	166,5586	12325,3384
CH ₃ COOH	9,0476	542,8577	2,0562	123,3767
CH ₃ COOC ₄ H ₉	32,0779	3721,0431	39,0693	4532,0396
H ₂ O	41,9832	755,6987	48,9746	881,5430
Amberlyst 15	13,9945	1945,2402	13,9945	1945,2402
Total	270,6534	19807,5382	270,6534	19807,5382

Menghitung Dimensi Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum 1:1 (D:H = 1:1)

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^3$$

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

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 2,42396}{3,14}}$$

$$D = 1,3840 \text{ m}$$

$$= 54,4895 \text{ in}$$

$$= 4,5408 \text{ ft}$$

$$D = H$$

$$H = 1,3840 \text{ m}$$

$$= 54,4895 \text{ in}$$

$$= 4,5408 \text{ ft}$$

(Brownell, hal 88)

Bentuk reaktor dipilih vertical vessel dengan formed head.

dasar pemilihan digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam 15 psi-200 psi

$$V_{\text{cairan}} = 2,0812 \text{ m}^3 + 0,2308 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cairan}} = 2,3120 \text{ m}^3$$

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

$$h_{\text{cairan}} = 4 \times 2,0812 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0.000049 D_s^3$$

Dimana :

$$D_s = \text{Diameter shell, in}$$

$$V_{\text{dish}} = \text{volume dish, ft}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \times (54,4895 \text{ in})^3$$

$$V_{\text{dish}} = 7,9275 \text{ ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

dipilih sf = 2 in

$$V = 3,14/4 \times 54,4895^2 \times sf/144$$

$$V_{sf} = 32,3715 \text{ in}^3$$

$$= 0,2248 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 2(V_{\text{dish}} + V_{sf})$$

$$V_{\text{head}} = 2(7,9275 \text{ ft}^3 + 0,2248 \text{ ft}^3)$$

$$V_{\text{head}} = 16,3045 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{reaktor}} = 2,5428 \text{ m}^3 + 0,4616 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 V_{\text{Head}}$$

$$V_{\text{bottom}} = 0,5 \times 16,3045 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{bottom}} = 8,1522 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{Cairan}} = V_{\text{Shell}} + V_{\text{Bottom}}$$

$$3,14 \times (1,3840 \text{ m})^2$$

$$H_{\text{cairan}} = 1,3840 \text{ m}$$

Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254

$$t_s = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk *torispherical*. Bahan untuk reaktor adalah *stainless stell* SA 316.

Spesifikasi :

Max.Allowable Stress (f) = 18750 psi

Efisiensi sambungan (E) = 0,8 (Tabel 13.2 brownell 1959:254)

Faktor korosi (C) = 0,125 (Tabel 6,Timmerhaus,1991:542)

Jari-jari shell (ri) = 27,2448 in

Menghitung Tekanan Hidrostatik

Diketahui :

Tekanan operasi = 1 atm = 14,696psi g/gc = 1

ρ campuran = 800,65258 kg/m³

P Hidrostatik = 800,65258 kg/m³ x 1 x 1,384 m P Hidrostatik
= 1108,130 kg/m² = 1,5761 psi

Menghitung Tekanan Total

$$P_{Total} = P_{Hidrostatik} + P_{Operasi}$$

P_{Tot} = 1,5761 psi + 14,696 psi P_{Tot} = 16,2720 psi

Karena tekanan over design 20% maka, P desain menjadi 19,5264 psi.

Dari data-data di atas sehingga dapat diperoleh tebal shell (t_s) = 0,1875 in

Dari Tabel Brownell hal 350 tentang tebal shell, dipilih T_s standart = 3/16 in

Menghitung Ukuran Head

Menghitung tebal head

$$t_h = \frac{Pr_c W}{2fE - 0,2P} + c$$

Dimana:

t_h = tebal head , m

W = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress = 18750 psi

E = joint efisiensi = 0,8

C = corrosion allowance, = 0,125 in

$$P = P_{Design} - P_{Lingkungan}$$

P = 19,5264 psi - 14,696psi P = 4,8304 psi

$$OD = ID_{Shell} + 2t_s$$

OD = 54,4895 in + (2 x 0,1875 in) OD = 54,8645 in

Dari Tabel 5.7 Brownell di dapat :

OD	60	in
Icr	3,625	in

R	60	in
---	----	----

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

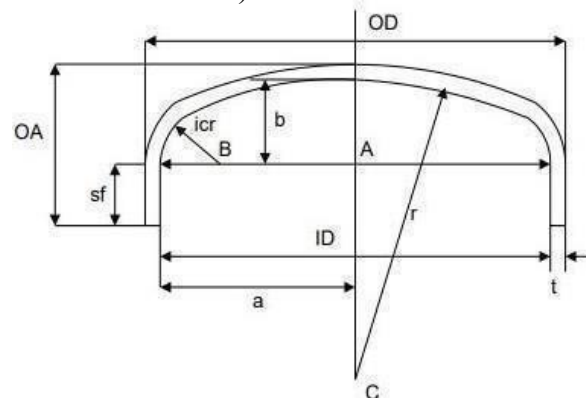
$$w = 1,7671 \text{ in}$$

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal head (th) = 0,1420 in

Dari Tabel Brownell hal 350 tentang tebal head ,dipilih:

$$\text{Th standart} = 3/16 \text{ in}$$

Gambar 5.8 Brownell hal:87)



Dengan th sebesar 3/16 in maka nilai sf adalah 1 1/2 – 2, sehingga dipilih

nilah sf sebesar 1,75 in

$$ID = OD - 2t_s$$

$$ID = 60 \text{ in} - (2 \times 0,1875 \text{ in})$$

$$ID = 59,625 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} = 29,8125 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 29,8125 \text{ in} - 3,625 \text{ in} = 26,1875 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 60 \text{ in} - 3,675 \text{ in} \quad BC = 56,375 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{(56,375 \text{ in})^2 - (26,1875 \text{ in})^2}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 60 \text{ in} - 49,9235 \text{ in}$$

$$b = 10,0765 \text{ in}$$

$$h_{Head} = t_h + b + sf$$

$$OA = 0,1875 \text{ in} + 10,0765 \text{ in} + 1,75 \text{ in}$$

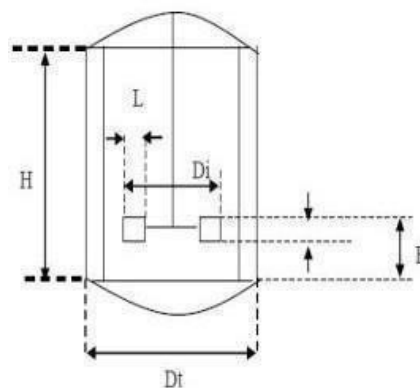
$$OA = 12,0140 \text{ in} = 0,3052 \text{ m}$$

$$h_{reaktor} = 2h_{Head} + h_{shell}$$

$$h \text{ Reaktor} = (2 \times 0,3052 \text{ m}) + 1,3840 \text{ m}$$

$$h \text{ Reaktor} = 1,6892 \text{ m}$$

Menghitung Ukuran Pengaduk



Keterangan

ID	: diameter dalam pengaduk
Di	: diameter pengaduk
L	: panjang sudut pengaduk
W	: lebar sudut pengaduk
E	: jarak pengaduk dengan dasar tangki
J	: lebar <i>baffle</i>
H	: tinggi cairan

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p.507

$$Di / ID = 1/3$$

$$W / Di = 1/5$$

$$L / Di = 1/4$$

$$B / ID = 1/12$$

$$E / Di = 1$$

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = ID/3 = 0,46134 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = Di/5 = 0,09227 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = Di/4 = 0,11534 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} = ID/12 = 0,11534 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} = Di(0.75-1.3); \text{ dipilih } 1 = 0,4613 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Cairan (ZL)} = 1,3840 \text{ m}$$

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N)

$$Sg (\text{Specific Gravity}) = \rho_{\text{cairan}}/\rho_{\text{air}}$$

$$Sg (\text{Specific Gravity}) = 0,80065$$

$$WELH = 1,456193 \text{ m} \times 0,80065$$

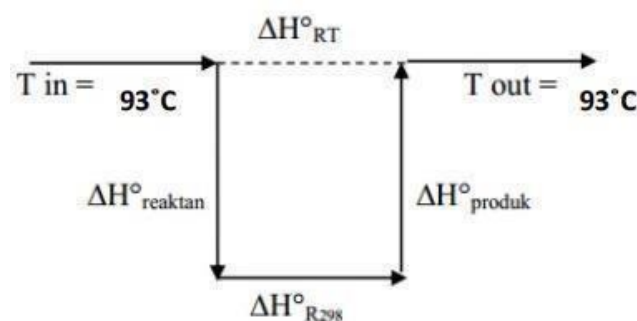
$$WELH = 1,1081 \text{ m} = 3,6355 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = WELH/ID = 0,80065$$

$m = 1$, maka dipakai 1 buah pengaduk. Maka didapat kecepatan putar pengaduk sebesar:

$$N = 138,3499 \text{ rpm} = 2,3058 \text{ rps}$$

Neraca Panas Reaktor



Keterangan	Q _{input} (kJ/jam)	Q _{output} (kJ/jam)
Input	2860860,937	
Output		2896105,515
Reaksi	673081,970	
Pendingin		637837,391
Total	3533942,906	3533942,906

Initial	Fluida Panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT ₂	199	Lower Temp	77	122
ΔT ₁	199	Higher Temp	113	86

$$\Delta T_{LMTD} = 122 - 86 / (122 / 86)$$

$$\Delta T_{LMTD} = 103,357 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Mengitung Kebutuhan Air Pendingin

Beban pendingin (Q_w) = Q_{keluar} - Q_{masuk} Beban pendingin

$$(Q_w) = 637837,391 \text{ kJ/jam } C_p \text{ air} = 4,148 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (45 - 25) \text{ } ^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

$$m_w = 7688,493 \text{ kg/jam}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk fluida panas medium organics (viskositasnya 0,5-1 cP) dan fluida dingin air, nilai UD = 50-125 Btu/ft².°F.jam (Kern table 8 pg 840).

Diambil UD = 90 Btu/ft².°F.jam

$$A = 65,0032 \text{ ft}^2$$

$$= 6,0388 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi D l$$

$$L = 3,14 \times 1,3840 \text{ m} \times 1,3840 \text{ m}$$

$$L = 6,0148 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas kurang dari luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

Menghitung Volume Air Pendingin

$$V \text{ air pendingin} = 7,6885 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung Jaket Pendingin

Menghitung Diameter Dalam Jaket (D1)

$$D_1 = D_R + (2 \times t_s)$$

$$D_1 = 1,3840 \text{ m} + (2 \times 0,0047625 \text{ m})$$

$$D_1 = 1,3935 \text{ m} = 54,8645 \text{ in}$$

Tinggi jaket = tinggi shell

$$\text{Tinggi jaket} = 1,3840 \text{ m} = 54,8645 \text{ in}$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 5 \text{ in} = 0,127 \text{ m}$$

Menghitung Diameter luar Jaket (D2)

$$D_2 = D_1 + (2 \times \text{jarak jaket})$$

$$D_2 = 1,3840 \text{ m} + (2 \times 0,127 \text{ m})$$

$$A = 3,14/4 \times (64,8645)^2 - (54,8645)^2$$

$$A = 0,6064 \text{ m}^2$$

$$v = 7,6885/0,6064$$

$$v = 12,6796 \text{ m/jam}$$

Menentukan Tebal Jacket

$$H_{\text{jaket}} = 1,3840 \text{ m} = 4,5408 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{H - 1}{144} \times \rho_{\text{air}}$$

$$t_j = \frac{P_{\text{Desain}} \times D_2}{fE - (0,6 P_{\text{desain}})} + C$$

Diketahui :

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/ft}^3 \text{ Didapat :}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 1,5343 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = P_{\text{desain reaktor}} + P_{\text{hidrostatik}} \quad P_{\text{desain}} = 19,5264 \text{ psia} + 1,5343 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = 21,0608 \text{ psia}$$

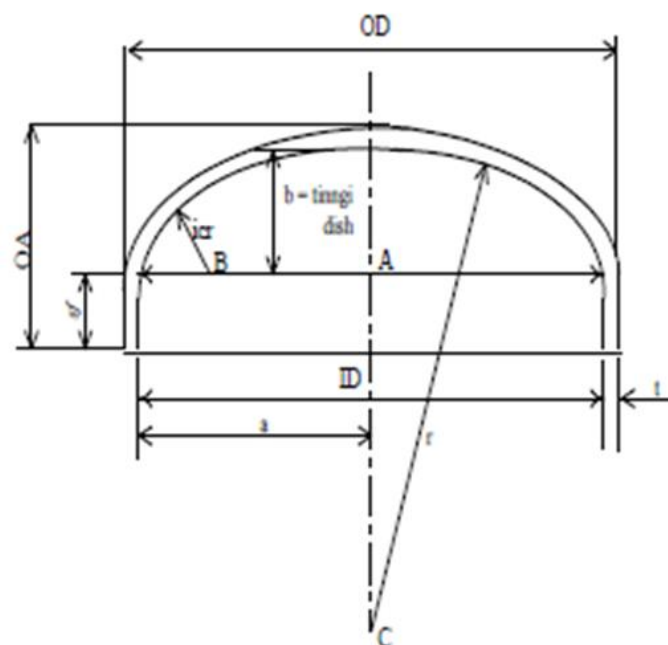
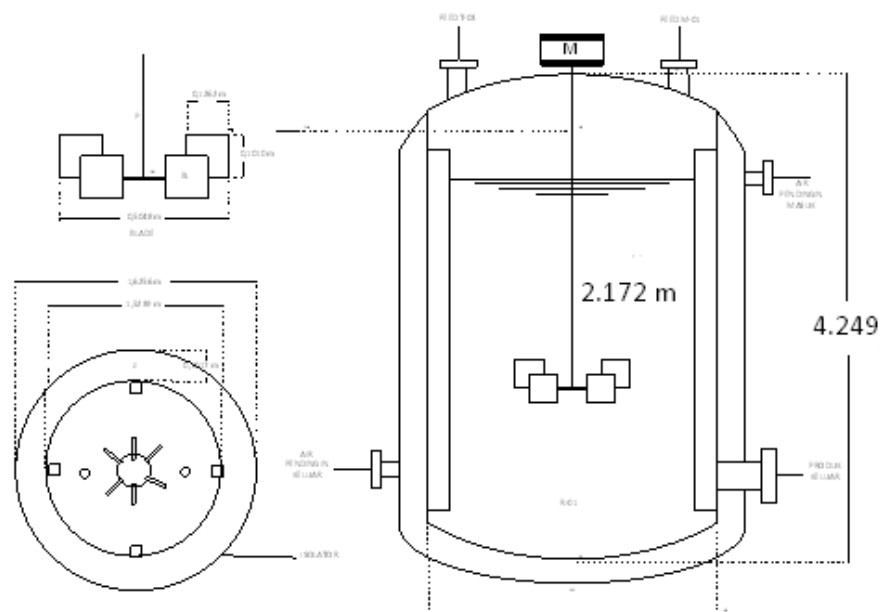
Sehingga dari data diatas dapat digunakan untuk mencari tebal jaket :

$$t_j = 0,216151 \text{ in}$$

dipakai tebal jaket standar = 3/8 in (brownell&young, 1959, Tabel 5.2 hal 8

LAMPIRAN 2
DESIGN REAKTOR

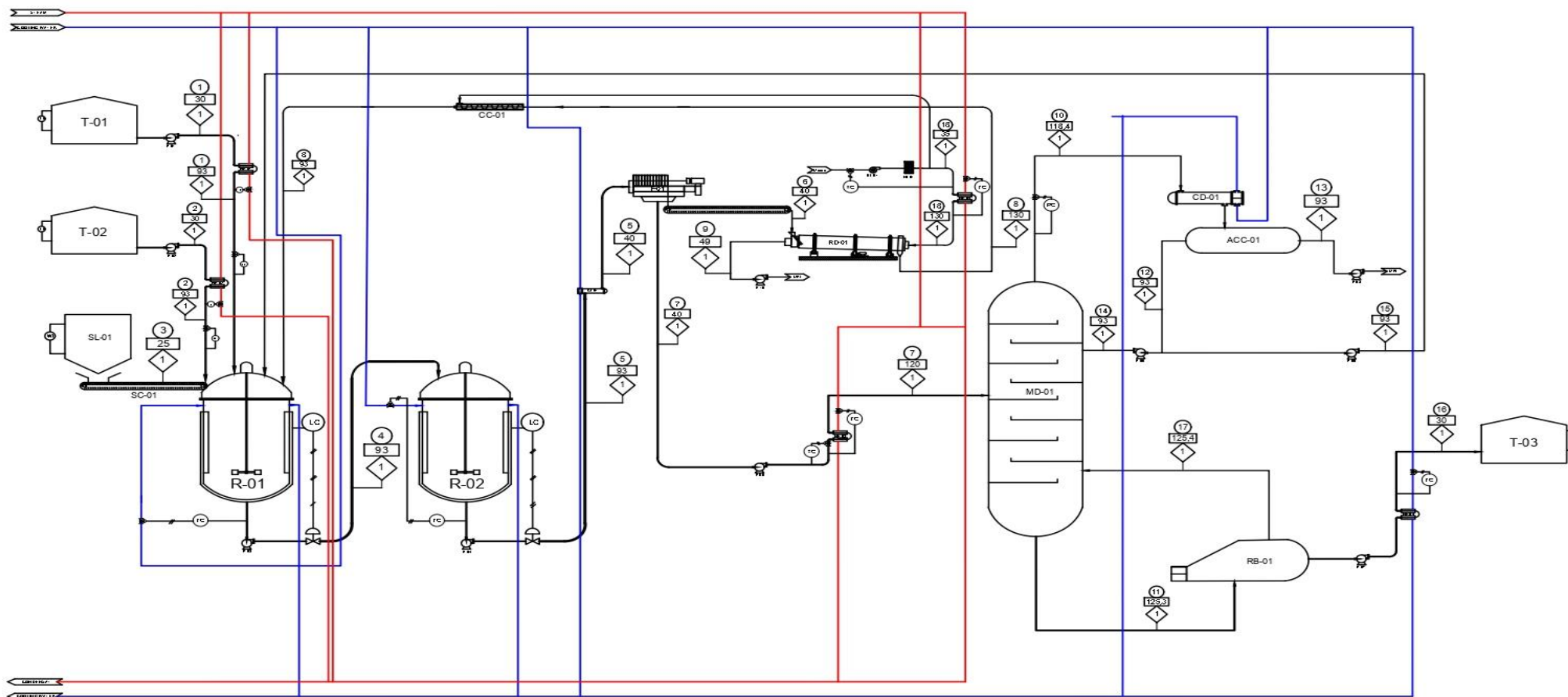
REAKTOR RATB



LAMPIRAN 3

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 35.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18
C₄H₉OH	15216,4672			12842,6983	12325,3384	61,6267	12263,7117	61,6267		12263,7117		12263,7117		12018,4375	12018,4375		245,2742	
CH₃COOH		2467,5352		542,8577	123,3768	3,0844	129,2923	3,0844		117,8865	2,4058	117,8865		115,5288	115,5288	2,4058	2,3577	
CH₃COOC₄H₉				3721,0431	4532,0397	22,6602	4508,3795		22,6602	90,1876	4419,1919	90,1876				4419,1919	90,1876	
Amberlyst-15			13,9945	1945,2403	1945,2403	1945,2403		1945,2403										
H₂O	153,7017	4,9496	1,0916	755,0988	881,5431	22,0186	859,5045	20,2776	3,7010	859,5045		121,0299	737,8746	121,0299	121,0299		4738,3525	
Total	15370,1690	2472,4802	15,0861	19807,5382	19807,5382	2054,8592	17752,8881	2030,2289	24,4212	13331,2903	4421,5977	12393,4157	737,8746	12255,5961	12235,5961	4421,5977	337,8196	4738,3525

KETERANGAN			
1	Single	EV	Temperature
2	Storage	ITB	Distillation
3	Dist	RA	Reboiler
4	Dist	ACC	Accumulator
5	Dist	CD	Condenser
6	Dist	CC	Control Valve
7	Dist	TC	Temperature Control
8	Dist	PC	Pressure Control
9	Dist	LC	Level Control
10	Dist	FC	Flow Control
11	Dist	ST	Storage Tank
12	Dist	ST	Storage Tank
13	Dist	ST	Storage Tank
14	Dist	ST	Storage Tank
15	Dist	ST	Storage Tank
16	Dist	ST	Storage Tank
17	Dist	ST	Storage Tank
18	Dist	ST	Storage Tank
19	Dist	ST	Storage Tank
20	Dist	ST	Storage Tank
21	Dist	ST	Storage Tank
22	Dist	ST	Storage Tank
23	Dist	ST	Storage Tank
24	Dist	ST	Storage Tank
25	Dist	ST	Storage Tank
26	Dist	ST	Storage Tank
27	Dist	ST	Storage Tank
28	Dist	ST	Storage Tank
29	Dist	ST	Storage Tank
30	Dist	ST	Storage Tank



FAKULTAS TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS BINA NUSANTARA
 YOGYAKARTA

PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT
 DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT
 DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 35.000 TON/TAHUN

Dibuat oleh:
 1. Rizki Nur Rizki (20211009)

Dosen Pembimbing:
 1. Muliya Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D

LAMPIRAN 4

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama	: Renita Julia Trisnawati
NIM	: 20521099
Judul Prarancangan	: Prarancangan Pabrik Butil Asetat dari Butanol dan Asam Asetat Kapasitas 35.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	: 13 Maret 2024
Batas Akhir Bimbingan	: 3 Juni 2025

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	01-04-2024	Harga Bahan Baku, Produk dan Reaksi Utama	
2	02-10-2024	Kinetika Reaksi Utama	
3	25-10-2024	Pergantian Judul	
4	21-11-2024	Kapasitas Pabrik dan Pemilihan Proses	
5	30-12-2024	Diagram Alir Kualitatif	
6	12-03-2025	Neraca Massa, Perancangan Reaktor dan PEFD	
7	02-06-2025	Utilitas dan Ekonomi	
8	03-06-2025	Revisi Naskah	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 03 Juni 2025

Pembimbing,

3/25
OK

(Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D)