

**PRARANCANGAN PABRIK BUTIL OLEAT DARI
ASAM OLEAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS
38000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nur Zaki

Nama : Iyang Bachtiar

NIM : 21521043

NIM : 21521093

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PRA RANCANGAN PABRIK

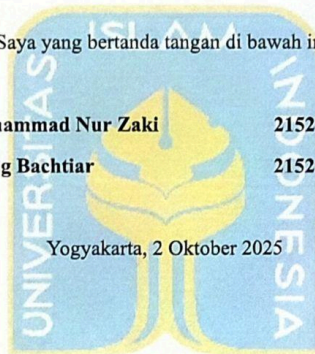
“ PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL OLEAT DARI ASAM OLEAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 38000 TON/TAHUN”

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Muhammad Nur Zaki 21521043

Iyang Bachtiar 21521093

Yogyakarta, 2 Oktober 2025



Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri. Maka, saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apa pun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana semestinya.

Penyusun 1



Muhammad Nur Zaki

NIM : 21521043

Penyusun 2



Iyang Bachtiar

NIM : 21521093

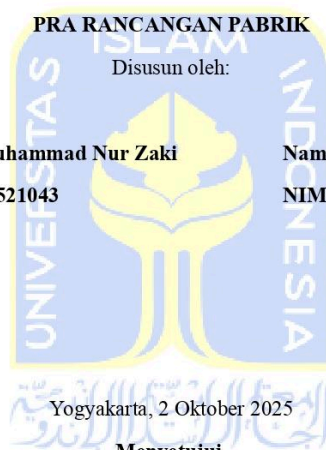
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**“ PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL OLEAT DARI ASAM OLEAT
DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 38000 TON/TAHUN”**

PRA RANCANGAN PABRIK
Disusun oleh:

Nama : Muhammad Nur Zaki	Nama : Iyang Bachtiar
NIM : 21521043	NIM : 21521093



Yogyakarta, 2 Oktober 2025

Menyetujui,

Pembimbing,

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

NIP. 105210101.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

“ PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL OLEAT DARI ASAM OLEAT DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS 38000 TON/TAHUN”

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nur Zaki

NIM : 21521043

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2025

Tim Penguji,

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

Ketua

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota 1

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.

Anggota 2


 5/11/25
 10/11/25

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia




Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dari awal hingga selesai dan dapat menyelesaikan Pra-rancangan pabrik dengan judul **“Prarancangan Pabrik Butil Oleat dari Asam Oleat dan Butanol dengan kapasitas 38000 ton/tahun”** untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana Teknik pada program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Adapun dalam penyusunan Pra-rancangan Pabrik ini, kami dibantu oleh berbagai pihak yang turut ikut dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala kehendak-Nya, penyusun diberi ketabahan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi, semangat dan segala fasilitas untuk mendukung materil maupun moril selama menempuh pendidikan di jurusan Teknik kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri yang telah memberikan kemudahan pelayanan administrasi.
4. Bapak Sholeh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan saran dan arahan selama penelitian ini berlangsung.
6. Seluruh dosen jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri , Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
7. Seluruh staf jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri , Universitas Islam Indonesia yang selalu membantu memberikan informasi yang bermanfaat.
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2021 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
9. Semua pihak yang telah membantu berjalannya proses penyusunan laporan penelitian yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

10. Serta pembaca yang telah memberikan berupa saran dan kritik yang bersifat membangun.

Kami menyadari bahwa laporan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki penulisan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga ilmu dan pengetahuan yang terdapat pada tugas akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis, namun juga bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 29 September 2025

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan kesehatan, rezeki, serta kasih sayang-Nya. Dengan izin dan pertolongan-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kemampuan sehingga Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan selesainya Tugas akhir ini dapat menjadi pintu gerbang selanjutnya ke masa depan yang lebih cerah, serta menjadi langkah awal dalam membagikan ilmu yang bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, teladan sepanjang zaman.

Saya menyadari bahwasannya dalam proses mengerjakan Tugas Akhir ini tidaklah mudah. Di setiap jerih payah dan tetesan keringat, tersirat doa, dukungan, dan semangat dari orang - orang terdekat saya. Dengan rasa penuh syukur dan ketulusan, karya ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat dalam proses mengerjakan tugas akhir, memberikan biaya yang tidak sedikit dalam memberikan fasilitas pendidikan terhadap anaknya, tenaga, dan juga doa. maka dari itu, saya ingin mengucapkan terima kasih sebanyak banyaknya atas pengorbanan yang telah diberikan ke saya. Dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat memberikan rasa bahagia dan lega kepada Bapak dan Ibu.
2. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T, M.Eng selaku dosen pembimbing saya yang selalu semangat dalam membimbing mahasiswa, yang selalu menyempatkan waktunya untuk membimbing mahasiswanya dan senantiasa memberikan solusi ketika saya menemui kesulitan dalam menjalani Tugas Akhir ini hingga tuntas. Tanpa bimbingan Ibu, tentu Tugas Akhir ini tidak akan rampung. Semoga Allah SWT senantiasa

melimpahkan rezeki yang berlimpah, kesehatan tiada henti, bahagia yang tidak akan pudar dan keluarga yang ceria.

3. Kepada teman - teman saya, Thoriq, Rizky, Verda, Kevin, Nadilla, Dzannun dan Wyenda. Terima kasih atas kebersamaan, hiburan, semangat, serta solusi yang selalu kalian berikan. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga, segala urusan kita dimudahkan, dan suatu saat kita dapat kembali bertemu dengan versi terbaik dari diri kita masing-masing.
4. Kepada teman - teman angkatan Teknik Kimia UII 2021 yang selalu memberikan bantuan berupa ilmu, sumber informasi, semangat dan dukungan dalam menjalani Tugas Akhir ini. Setiap perhatian dan kebaikan kalian sangat berarti bagi saya. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda. Aamiin.

Muhammad Nur Zaki

Teknik Kimia UII 2021

LEMBAR PERSEMBAHAN

(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

Segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan kesehatan, kesempatan, serta kasih sayang-Nya. Berkat izin dan rahmat-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kemampuan sehingga Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat terselesaikan dengan baik. Selesaiannya Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi gerbang awal menuju masa depan yang lebih cerah, sekaligus sebagai langkah dalam menyebarkan ilmu yang bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, teladan sepanjang masa. Tak lupa penulis memanjatkan rasa syukur yang mendalam atas segala kemudahan dan jalan yang telah Allah SWT berikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Setiap tantangan dan kesulitan yang hadir menjadi pelajaran berharga sekaligus pengingat akan kebesaran dan kasih sayang-Nya. Semoga segala usaha dan hasil yang diperoleh dari karya ini dapat bernilai ibadah serta mendapat ridha dari Allah SWT.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Setiap usaha, kerja keras, dan pengorbanan yang tercurah selalu disertai doa, dorongan, serta semangat dari orang-orang terdekat. Dengan penuh rasa syukur dan ketulusan hati, karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Kepada kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu, yang selalu menjadi sumber semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Dengan penuh kasih sayang telah mengorbankan biaya, tenaga, doa, serta berbagai fasilitas pendidikan demi keberhasilan anaknya. Tak lupa kepada Kakak dan Saudara yang turut memberikan dukungan, dengan mengorbankan biaya yang tidak sedikit untuk adiknya melanjutkan pendidikannya, perhatian, serta doa yang tulus dalam setiap langkah penulis. Atas segala

pengorbanan dan dorongan tersebut, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat menghadirkan kebahagiaan dan rasa lega bagi Ayah, Ibu, Saudara serta seluruh keluarga tercinta.

2. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang dengan penuh semangat membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Beliau selalu meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk memberikan arahan, serta senantiasa menghadirkan solusi ketika penulis menghadapi berbagai kendala selama proses penyusunan. Tanpa bimbingan dan dukungan beliau, penyelesaian Tugas Akhir ini tentu tidak akan berjalan dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa menganugerahkan kesehatan yang berkelanjutan, rezeki yang luas, serta keberkahan dalam keluarga beliau.
3. Kepada diri sendiri, yang telah berjuang dengan penuh kesabaran, ketekunan, dan semangat pantang menyerah dalam proses pembelajaran. Segala rasa lelah, tekanan, serta tantangan yang dihadapi semoga menjadi bukti bahwa diri ini pernah berproses. Terima kasih telah tetap bertahan, berusaha, dan percaya bahwa setiap langkah kecil membawa arti besar hingga akhirnya karya ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga perjuangan ini menjadi pengingat bahwa kemampuan untuk bangkit selalu ada dalam diri, bahkan di saat paling sulit sekalipun. Biarlah karya ini menjadi saksi bahwa tekad dan keyakinan dapat menuntun pada keberhasilan, serta menjadi pijakan untuk melangkah lebih berani menatap masa depan.
4. Kepada sahabat-sahabat seperjuangan, teman-teman angkatan Teknik Kimia UII 2021, yang senantiasa hadir dengan bantuan berupa ilmu, sumber informasi, semangat, serta dukungan dalam setiap langkah penyusunan Tugas Akhir ini. Setiap bentuk perhatian dan kebaikan kalian merupakan hal yang sangat berharga bagi penulis.

Iyang Bachtiar
Teknik Kimia UII 2021

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	2
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	3
KATA PENGANTAR.....	4
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	6
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	8
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR TABEL.....	15
DAFTAR GAMBAR.....	19
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	20
ABSTRAK.....	22
ABSTRACT.....	23
BAB I PENDAHULUAN.....	24
1.1 Latar Belakang.....	24
1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan.....	25
1.2.1 Data Impor Butil Oleat.....	26
1.2.2 Besarnya Nilai Konsumsi Butil Oleat Di Indonesia.....	30
1.2.3 Kapasitas Produksi Butil Oleat.....	30
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku.....	31
1.3 Tinjauan Pustaka.....	33
1.3.1 Bahan Baku dan Produk.....	33
1.3.1.1 Asam Oleat.....	33
1.3.1.2 Butanol.....	33
1.3.1.3 Butil Oleat.....	34
1.3.2 Proses Pembuatan Butil Oleat.....	34
1.3.2.1 Esterifikasi dengan Katalisator Asam Sulfat (H_2SO_4).....	35
1.3.2.2 Esterifikasi dengan Katalis Zeolit.....	35
1.3.2.3 Esterifikasi dengan Katalis Ceric Ammonium Sulfate.....	36
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	38
1.4.1 Tinjauan Termodinamika.....	38
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	39
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	40
2.1 Spesifikasi Produk.....	40
2.1.1 Bahan Baku.....	40
2.1.2 Produk.....	43
2.2 Pengendalian Kualitas.....	45

2.2.1 Pengendalian Kualitas Pada Bahan Baku.....	46
2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses.....	47
2.2.3 Pengendalian Kualitas Pada Produk.....	48
2.2.4 Pengendalian Kuantitas.....	48
2.2.5 Pengendalian Waktu.....	49
2.2.6 Pengendalian Bahan Proses.....	49
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	50
3.1 Diagram Alir Kualitatif.....	50
3.2 Uraian Proses.....	50
3.2.1 Persiapan Bahan Baku.....	51
3.2.2 Proses Reaksi.....	51
3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	52
4.1 Diagram Alir Kuantitatif.....	53
4.2 Neraca Massa Total.....	53
4.3 Neraca Massa Per Alat.....	54
4.3.1 Neraca Massa Reaktor.....	54
4.3.2 Neraca Massa Ekstraktor.....	57
4.3.3 Neraca Massa Mixer ke 1.....	57
4.3.4 Neraca Massa Mixer ke 2.....	58
4.3.5 Neraca Massa Dekanter.....	58
4.3.6 Neraca Massa Menara Distilasi ke 1.....	59
4.3.7 Neraca Massa Menara Distilasi ke 2.....	59
4.3.8 Neraca Massa Purging.....	60
4.4 Neraca Panas Per Alat.....	60
4.4.1 Neraca Panas Menara Distilasi 1.....	60
4.4.2 Neraca Panas Reboiler 1.....	61
4.4.3 Neraca Panas Kondensor 1.....	61
4.4.4 Neraca Panas Menara Distilasi 2.....	61
4.4.5 Neraca Panas Reboiler 2.....	62
4.4.6 Neraca Panas Kondensor 2.....	62
4.4.7 Neraca Panas Ekstraktor.....	62
4.4.8 Neraca Panas Esterifikasi 1 (R-01).....	63
4.4.9 Neraca Panas Esterifikasi 2 (R-02).....	63
4.4.10 Neraca Panas Esterifikasi 3 (R-03).....	64
4.4.11 Neraca Panas Esterifikasi 4 (R-04).....	64
4.4.12 Neraca Panas Cooler 01 (C-301).....	65
4.4.13 Neraca Panas Cooler 02 (C-302).....	65
4.4.14 Neraca Panas Cooler 03 (C-303).....	65

4.4.15 Neraca Panas Cooler 04 (C-304).....	66
4.4.16 Neraca Panas Heater 01 (H-301).....	66
4.4.17 Neraca Panas Heater 02 (H-302).....	66
4.4.18 Neraca Panas Heater 03 (H-303).....	67
4.4.19 Neraca Panas Heater 04 (H-304).....	67
4.4.20 Neraca Panas Heater 05 (H-305).....	67
4.4.21 Neraca Panas Heater 06 (H-306).....	68
5.1 Spesifikasi Alat.....	68
5.1.1 Spesifikasi Reaktor.....	68
5.1.2 Spesifikasi Mixer 1.....	70
5.1.3 Spesifikasi Mixer 2.....	71
5.1.4 Spesifikasi Alat Pemisah.....	72
5.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	77
5.2.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Oleat.....	77
5.2.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Butanol.....	78
5.2.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat.....	79
5.2.4 Spesifikasi Tangki Penyimpanan N-Heksana.....	80
5.2.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Butil Oleat.....	81
5.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	82
5.3.1 Reboiler 1.....	82
5.3.2 Kondensor 1.....	83
5.3.4 Reboiler 2.....	85
5.3.5 Kondensor 2.....	86
5.3.7 Cooler - 301.....	87
5.3.8 Cooler - 302.....	88
5.3.9 Cooler - 303.....	90
5.3.10 Cooler - 304.....	91
5.3.11 Heater - 301.....	92
5.3.11 Heater - 302.....	94
5.3.12 Heater - 303.....	95
5.3.13 Heater - 304.....	96
5.3.14 Heater - 305.....	97
5.3.15 Heater - 306.....	99
5.4 Spesifikasi Alat Transportasi Cair.....	100
5.4.1 Alat Transportasi Cair.....	100
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	108
4.1 Lokasi Pabrik.....	108
4.1.1 Faktor Utama dalam Penentuan Lokasi Pabrik.....	108

4.1.2 Faktor Sekunder dalam Penentuan Lokasi Pabrik.....	110
4.2 Tata Letak Pabrik.....	111
4.2.1 Layout Pabrik.....	112
4.3 Tata Letak Peralatan Proses.....	115
4.4 Organisasi Perusahaan.....	118
4.4.1 Struktur Organisasi.....	118
4.4.2 Bentuk Perusahaan.....	121
4.4.3 Pembagian Jam Kerja.....	123
4.4.4 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	125
4.4.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	125
4.4.5.1 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	125
4.4.5.2 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Pegawai.....	127
BAB V UTILITAS.....	133
5.1 Unit Pembangkit Steam (Steam Generating System).....	133
5.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System).....	133
5.2.1 Unit Proses Pengolahan Air.....	135
5.2.2 Kebutuhan Air.....	137
5.2.2.1 Air Pendingin.....	137
5.2.2.2 Air Umpan Boiler.....	137
5.2.2.3 Air Domestik.....	138
5.2.2.4 Total Air Konsumsi dan Sanitasi.....	138
5.3 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	139
5.4 Unit Penyedia Listrik.....	139
5.5 Unit Pengolahan Limbah.....	142
5.6 Unit Penyediaan Udara.....	143
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas.....	144
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....	155
6.1 Estimasi Harga Bahan Baku.....	156
6.1.1 Dasar Perhitungan.....	160
6.2 Investasi Modal Tetap (Fixed Capital Investment/FCI).....	160
6.3 Modal Kerja (Working Capital Investment / WCI).....	163
6.3.1 Penentuan Biaya Total Produksi (Total Production Cost / TPC).....	164
6.3.2 Manufacturing Cost (MC).....	164
6.4 Analisa Keuntungan.....	168
6.5 Analisis Kelayakan Ekonomi.....	169
6.5.1 Percent Return On Investment (ROI).....	169
6.5.2 Pay Out Time (POT).....	170
6.5.4 Shut Down Point (SDP).....	172

6.5.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR).....	173
6.6 Analisa Resiko Pabrik.....	173
BAB VII PENUTUP.....	179
7.1 Kesimpulan.....	179
DAFTAR PUSTAKA.....	180
LAMPIRAN.....	182
LAMPIRAN 1. PERANCANGAN REAKTOR.....	182
a. Menentukan Diameter Reaktor.....	194
b. Menentukan Tinggi Tangki Termasuk Head (th).....	194
c. Menghitung Volume Total Reaktor.....	196
d. Menentukan Tinggi Cairan di Shell.....	196
f. Menentukan Kecepatan Pengaduk.....	200
g. Menghitung Power Pengaduk.....	201
i. Menentukan power aktual.....	201
LAMPIRAN B.....	202

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Kandungan Asam Oleat Pada Minyak Nabati.....	30
Tabel 1.2 Seleksi Proses.....	34
Tabel 1.3 Nilai Entalpi Pembentukan, pada suhu 100 °C dan tekanan 1,013 bar...	36
Tabel 4.1 Neraca Massa Total.....	51
Tabel 4.2.1 Neraca Massa Reaktor 1.....	52
Tabel 4.2.2 Neraca Massa Reaktor 2.....	53
Tabel 4.2.3 Neraca Massa Reaktor 3.....	53
Tabel 4.2.4 Neraca Massa Reaktor 4.....	54
Tabel 4.3 Neraca Massa Ekstraktor.....	55
Tabel 4.4 Neraca Massa Mixer 1.....	55
Tabel 4.5 Neraca Massa Mixer 2.....	56
Tabel 4.6 Neraca Massa Dekanter.....	56
Tabel 4.7 Neraca Massa Menara Distilasi 1.....	57
Tabel 4.8 Neraca Massa Menara Distilasi 2.....	57
Tabel 4.9 Neraca Massa Purging.....	58
Tabel 4.8 Neraca Panas MD-01.....	58
Tabel 4.9 Neraca Panas RB-01.....	59
Tabel 4.10 Neraca Panas CD-01.....	59
Tabel 4.11 Neraca Panas MD-02.....	59
Tabel 4.12 Neraca Panas RB-02.....	60
Tabel 4.13 Neraca Panas CD-02.....	60
Tabel 4.14 Neraca Panas Ekstraktor.....	60
Tabel 4.15 Neraca Panas Reaktor 1.....	61
Tabel 4.16 Neraca Panas Reaktor 2.....	61
Tabel 4.17 Neraca Panas Reaktor 3.....	62
Tabel 4.18 Neraca Panas Reaktor 4.....	62
Tabel 4.19 Neraca Panas C-301.....	63
Tabel 4.20 Neraca Panas C-302.....	63
Tabel 4.21 Neraca Panas C-303.....	63
Tabel 4.22 Neraca Panas C-304.....	64
Tabel 4.23 Neraca Panas H-301.....	64
Tabel 4.24 Neraca Panas H-302.....	64
Tabel 4.25 Neraca Panas H-303.....	65
Tabel 4.26 Neraca Panas H-304.....	65
Tabel 4.27 Neraca Panas H-305.....	65
Tabel 4.28 Neraca Panas H-306.....	66

Tabel 5.1 Spesifikasi Alat Reaktor Esterifikasi.....	66
Tabel 5.2 Spesifikasi Alat Mixer.....	68
Tabel 5.3 Spesifikasi Alat Mixer.....	69
Tabel 5.4 Spesifikasi alat Ekstraktor.....	70
Tabel 5.5 Spesifikasi alat Menara Distilasi 1.....	71
Tabel 5.6 Spesifikasi alat Menara Distilasi 2.....	72
Tabel 5.7 Spesifikasi alat Dekanter.....	74
Tabel. 5.8 Tangki Penyimpanan Asam Oleat.....	75
Tabel. 5.9 Tangki Penyimpanan Butanol.....	76
Tabel. 5.10 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat.....	77
Tabel. 5.11 Tangki Penyimpanan N-Heksana.....	78
Tabel. 5.12 Tangki Penyimpanan Butil Oleat.....	79
Tabel. 5.13 Spesifikasi Reboiler 1.....	80
Tabel 5.14 Spesifikasi Kondensor 1.....	81
Tabel 5.16 Spesifikasi Reboiler 2.....	82
Tabel 5.17 Spesifikasi Kondensor 2.....	83
Tabel 5.18 Spesifikasi Cooler - 301.....	85
Tabel 5.19 Spesifikasi Cooler - 302.....	86
Tabel 5.20 Spesifikasi Cooler - 303.....	87
Tabel 5.21 Spesifikasi Cooler - 304.....	88
Tabel 5.22 Spesifikasi Heater - 301.....	90
Tabel 5.23 Spesifikasi Heater - 302.....	91
Tabel 5.25 Spesifikasi Heater - 303.....	92
Tabel 5.26 Spesifikasi Heater - 304.....	94
Tabel 5.27 Spesifikasi Heater - 305.....	95
Tabel 5.24 Spesifikasi Heater - 306.....	96
Tabel 5.28 Spesifikasi Alat Pompa.....	98
Tabel 5.29 Spesifikasi Alat Pompa.....	98
Tabel 5.30 Spesifikasi Alat Pompa.....	99
Tabel 5.31 Spesifikasi Alat Pompa.....	100
Tabel 5.32 Spesifikasi Alat Pompa.....	101
Tabel 5.33 Spesifikasi Alat Pompa.....	101
Tabel 5.34 Spesifikasi Alat Pompa.....	102
Tabel 5.35 Spesifikasi Alat Pompa.....	103
Tabel 5.36 Spesifikasi Alat Pompa.....	103
Tabel 5.37 Spesifikasi Alat Pompa.....	104
Tabel 5.38 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....	111
Tabel 5.39 Jadwal kerja masing-masing per kelompok.....	122

Tabel 5.41 Penggolongan Jabatan.....	124
Tabel 5.42 Jumlah Karyawan pada Masing-masing Bagian.....	126
Tabel 5.43 Kebutuhan Air Pendingin.....	135
Tabel 5.44 Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	136
Tabel 5.45 Kebutuhan Total Air Service.....	137
Tabel 5.46 Kebutuhan listrik alat proses.....	138
Tabel 5.47 Kebutuhan listrik utilitas.....	139
Tabel 5.48 Total kebutuhan listrik.....	140
Tabel 5.49 Tabel spesifikasi pompa utilitas.....	142
Tabel 5.50 Tabel spesifikasi pompa utilitas (lanjutan).....	142
Tabel 5.51 Tabel spesifikasi pompa utilitas (lanjutan).....	143
Tabel 5.52 Tabel spesifikasi pompa utilitas (lanjutan).....	144
Tabel 5.53 Tabel spesifikasi tangki utilitas.....	144
Tabel 5.54 Tabel spesifikasi tangki utilitas (lanjutan).....	145
Tabel 5.55 Tabel spesifikasi tangki utilitas (lanjutan).....	145
Tabel 5.56 Tabel spesifikasi boiler.....	146
Tabel 5.57 Tabel spesifikasi kinetika udara.....	147
Tabel 5.58 Tabel spesifikasi bak utilitas.....	147
Tabel 5.59 Tabel spesifikasi flokulator (FL-01).....	148
Tabel 5.60 Tabel spesifikasi clarifier (CL-01).....	148
Tabel 5.61 Tabel spesifikasi cooling tower (CT-01).....	149
Tabel 5.62 Tabel spesifikasi sand filter (FU-01).....	149
Tabel 5.63 Tabel spesifikasi kation exchanger (KE-01).....	150
Tabel 5.64 Tabel spesifikasi anion exchanger (AE-01).....	150
Tabel 5.65 Tabel spesifikasi deaerator (DU-01).....	151
Tabel 5.66 Tabel spesifikasi reverse osmosis (RO-01).....	151
Tabel 6.1 indeks harga alat.....	154
Tabel 6.2 Harga Alat Proses.....	156
Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas.....	157
Table 6.4 Physical Plant Cost (PPC).....	160
Table 6.5 Direct Plant Cost (DPC).....	161
Table 6.7 Fixed Capital Investment (FCI).....	161
Table 6.8 Working Capital Investment (WCI).....	162
Table 6.9 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	163
Table 6.10 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	164
Table 6.11 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	165
Table 6.12 Total Manufacturing Cost (TMC).....	165
Table 6.13 General expense (GE).....	165

Table 6.14 Total Production Cost.....	166
Table 6.15 Keuntungan Sebelum Pajak.....	166
Table 6.16 Keuntungan Setelah Pajak.....	167
Table 6.17 Return of Investment (ROI).....	168
Table 6.18 Pay out Time (POT).....	169
Table 6.19 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa).....	169
Table 6.20 Annual Fixed Regulated Expenses (Ra).....	169
Table 6.21 Annual Variable Value (Va).....	170
Table 6.22 Annual Sales Value (Sa).....	170
Table 6.23 Perhitungan Discounted Cash Flow Rate.....	171
Tabel 6.24 Identifikasi Hazard.....	172
Tabel 6.25 Analisa Risiko Pabrik.....	174
Tabel 6.26 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi.....	175
Tabel A4.2 Neraca Massa Reaktor 1.....	185
Tabel A4.3 Neraca Massa Reaktor 2.....	185
Tabel A4.4 Neraca Massa Reaktor 3.....	186
Tabel A4.5 Neraca Massa Reaktor 4.....	186
Tabel A4.6 Nilai kapasitas panas.....	187
Tabel A4.7 Neraca Panas Reaktor 01.....	188
Tabel A4.8 Neraca Panas Reaktor 02.....	188
Tabel A4.9 Neraca Panas Reaktor 03.....	189
Tabel A4.10 Neraca Panas Reaktor 04.....	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Impor n-Butil Oleat Indonesia.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif Produksi Butil Oleat.....	50
Gambar 4.1 Diagram Alir Kuantitatif.....	53
Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik.....	111
Gambar 4.2 Tata Letak Bangunan Pabrik.....	115
Gambar 4. 3 Gambar Tata Letak Alat Proses dengan Skala 1:1000.....	118
Gambar 4.4 Struktur organisasi.....	121
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.....	143
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga vs Tahun.....	158
Gambar 6.3 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	178
Gambar A.1 Reaktor CSTR.....	182
Gambar A.2 Grafik Hubungan antara Jumlah dan Harga Reaktor.....	186
Gambar A.3 Turbine with six flat blades.....	199
Gambar A.4 Pengaduk di reaktor.....	200

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperature, oC
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psi
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
F _v	: Laju Volumetrik, m ³
R	: Jari-jari, in
P	: Power motor, Hp
T _s	: Tebal shell, in
ΔP_T	: Pressure drop, psia
ID	: Inside diameter, in
OD	: Outside diameter, in
T _h	: Tebal head, in
Re	: Bilangan Reynold
u ₀	: Kecepatan awal fluidisasi, m/s

U_{mf} : Kecepatan fluidisasi minimum, m/s
 F : Allowable Stress, psia
 E : Efisiensi pengelasan
 I_{cr} : Jari-jari sudut dalam, in
 U_d : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft²oF
 U_c : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft²oF
 R_d : Faktor pengotor
 C_p : Kapasitas Panas, Btu/lb oF
 K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft²oF
 J_H : Heat transfer factor
 H_i : Inside film coefficient, Btu/jam ft²oF
 H_o : Outside film coefficient, Btu/jam ft²oF
 $LMTD$: Long mean temperature different, °F
 K : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu
 W_f : Total head, in
 ΔH : Entalpi, KJ/Jam
 T_h : Tebal head, in

ABSTRAK

Tugas Akhir ini membahas prarancangan pabrik butil oleat dari asam oleat dan butanol dengan kapasitas produksi 38000 ton/tahun menggunakan proses esterifikasi dengan bantuan katalis asam sulfat. Bahan baku yang dibutuhkan adalah asam oleat sebanyak 32687 ton dan butanol sebanyak 42857 ton dalam satu tahun. Pemilihan butanol dan asam oleat sebagai bahan baku didasarkan pada sifatnya yang tersedia dalam jumlah besar dan mudah didapat. Pabrik direncanakan berlokasi di Karangturi, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur yang merupakan sebuah kawasan industri, dengan pertimbangan kedekatan sumber bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, dan ketersediaan utilitas. Perancangan pabrik meliputi kapasitas produksi, spesifikasi bahan baku dan produk, perancangan proses produksi, perancangan alat pabrik untuk produksi, tata letak pabrik, keselamatan kerja, dan evaluasi ekonomi. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan pabrik ini layak didirikan, dengan nilai Return on Investment (ROI) sebesar 32,25% sebelum pajak dan 25,15% setelah pajak, Pay Out Time (POT) masing-masing 2,6 tahun dan 3,2 tahun, Break Even Point (BEP) 48%, Shut Down Point (SDP) 33%, serta Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 14,69%. Dari parameter diatas secara keseluruhan mendapatkan kategori layak sehingga pabrik butil oleat ini dapat direalisasikan.

Kata Kunci : analisis ekonomi, asam oleat, bahan baku, butanol, butil oleat, perancangan pabrik

ABSTRACT

This Final Project discusses the preliminary design of a butyl oleate plant from oleic acid and butanol with a production capacity of 38000 tons/year using an esterification process with the help of a sulfuric acid catalyst. The raw materials required are 32687 tons of oleic acid and 42857 tons of butanol in one year. The selection of butanol and oleic acid as raw materials is based on their nature which is available in large quantities and easy to obtain. The factory is planned to be located in Karangturi, Gresik District, Gresik Regency, East Java Province which is an industrial area, with consideration of the proximity of raw material sources, infrastructure, labor, and availability of utilities. The factory design includes production capacity, raw material and product specifications, production process design, factory equipment design for production, factory layout, work safety, and economic evaluation. The economic evaluation results indicate that this plant is feasible to build, with a Return on Investment (ROI) of 32.25% before tax and 25.15% after tax, a Payout Time (POT) of 2.6 years and 3.2 years, respectively, a Break Even Point (BEP) of 48%, a Shut Down Point (SDP) of 33%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 14.69%. Overall, the above parameters categorize this butyl oleate plant as feasible, making it feasible to build.

Keywords: *economic analysis, oleic acid, raw material, butanol, butyl oleate, plant design*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada kehidupan zaman modern saat ini tidak terpisahkan dari industri besar yang memproduksi kebutuhan sehari-hari. Kehidupan manusia saat ini membutuhkan minyak pelumas agar kendaraan mampu berjalan tanpa adanya hambatan pada gesekan mesin. Pada industri plastik membutuhkan senyawa *plasticizer* untuk menambahkan kemampuan pada plastik sehingga lebih fleksibel dan lentur, ataupun industri yang membutuhkan wetting agent yang dapat meningkatkan suatu zat untuk membasahi atau meresap ke dalam suatu permukaan. Salah satu komoditas kimia yang memiliki kemampuan tersebut adalah butil oleat.

Butil oleat adalah ester dari asam lemak rantai panjang yang memiliki peranan penting dalam pabrik plastik, yaitu berfungsi sebagai *plasticizer*. Manfaat lain butil oleat digunakan pada pabrik pembuatan karet sintesis, pabrik cat, pabrik pembuat pelumas, pabrik poliester bahkan sebagai bahan tambahan pada kosmetik dan pabrik lainnya. Bahan dasar butil oleat adalah butanol dan asam oleat (Lewis, 2001).

Dalam sejarah penemuan butil oleat, ditemukan oleh ilmuwan asal Prancis bernama Michel Eugene Chevreul pada tahun 1813 dari mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa asam oleat. Michel Eugene Chevreul merupakan ilmuwan yang dikenal sebagai pelopor dalam studi lemak dan asam lemak. Pada saat itu produksi butil oleat tidak berskala industri namun masih dalam skala laboratorium dikarenakan teknologi industri belum seanggih pada zaman sekarang. Pada tahun 1815, ilmuwan Chevreul berhasil mengidentifikasi asam oleat sebagai komponen utama pada minyak zaitun. Selanjutnya, pada abad ke-19 ilmuwan bernama Louis Pasteur berhasil menemukan senyawa kimia butanol yang merupakan alkohol dengan 4 atom karbon melalui fermentasi gula. Kemudian seorang ahli kimia asal Jerman bernama Leopold Gmelin pertama kali mempelajari secara sistematis pada reaksi antara asam karboksilat dan alkohol untuk membentuk ester. Pada awal abad 20 para ilmuwan mulai mengeksplorasi berbagai ester yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri yang terus

meningkat pada abad 20 dengan cara sintesis butil oleat yang dilakukan melalui reaksi esterifikasi antara asam oleat dan butanol dengan bantuan katalis asam. Hingga pada akhirnya, butil oleat digunakan pada skala industri sebagai *plasticizer*, pelumas, ataupun pelarut pada zat tertentu. Butil oleat dipilih dikarenakan memiliki sifat yang tidak mudah menguap, stabil dan kompatibel dengan bahan kimia lainnya.

Produksi butil oleat dalam skala industri menggunakan bahan baku asam oleat dan butanol. Di Indonesia asam oleat dapat diperoleh dari minyak kelapa sawit dengan proses hidrolisis. Asam oleat merupakan asam lemak tak jenuh yang terdapat pada minyak nabati. Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa sawit terluas di dunia. Menurut BPS (2019), luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14,60 juta hektar dengan produksi minyak kelapa sawit 48,42 juta ton setiap tahunnya yang dimana Indonesia tidak kekurangan bahan baku asam oleat untuk memproduksi butil oleat. Kemudian produksi butanol dalam skala industri melalui proses hidrogenasi butiraldehid dengan bantuan katalis nikel. Salah satu produsen butanol di Indonesia adalah PT Petro Oxo Nusantara dengan kapasitas 30000 ton/tahun. Namun, hingga kini belum ada satupun pabrik di Indonesia yang memproduksi butil oleat untuk kebutuhan berbagai industri dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, Indonesia masih perlu impor butil oleat dari luar negeri. Pendirian pabrik butil oleat diharapkan mampu memenuhi kebutuhan serta membantu dalam meningkatkan perekonomian nasional serta peningkatan devisa melalui kegiatan ekspor butil oleat.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan

Kapasitas produksi berperan dalam perhitungan, baik dari aspek teknis maupun ekonomi, dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas pabrik, semakin tinggi pula potensi keuntungannya. Namun, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan kapasitas produksi. Pabrik n-Butil Oleat yang dirancang direncanakan akan dibangun pada tahun 2030. Penentuan kapasitas produksi pabrik ini ditentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1.2.1 Data Impor Butil Oleat

Berdasarkan data produksi butil oleat di Indonesia, Berdasarkan data produksi butil oleat di Indonesia, perkiraan kebutuhan n-butil oleat dapat diperoleh dari data impor. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia mencatat kebutuhan impor n-butil oleat sebagai berikut:

Tahun	Kapasitas (kg/tahun)	Pertumbuhan %
2016	18853724	-
2017	22168268	14.95%
2018	30928169	28.32%
2019	24416824	-26.67%
2020	20231995	-20.68%
2021	51426079	60.66%
2022	31662568	-62.42%
2023	23911162	-32.42%
2024	25081682	4.67%

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) 2025

Perdagangan butil oleat mencakup seluruh negara di dunia dikarenakan kegunaannya sebagai plasticizer, pelumas, maupun pelapis anti-air, dari kegunaannya tersebut beberapa negara di dunia melakukan impor demi memenuhi kebutuhan industri. Rincian data impor di negara Jerman, Uni Eropa, Amerika Serikat dan Jepang pada tabel sebagai berikut :

1. Data impor butil oleat negara Jerman pada tahun 2018 - 2023

Tahun	Jumlah (kg/tahun)	Pertumbuhan %
2018	23720400	-
2019	17408200	-36.26%
2020	18421000	5.50%

2021	18277800	-0.78%
2022	14903900	-22.64%
2023	13641000	-9.26%

Sumber: *World Integrated Trade Solution (WTI)*

2. Data impor butil oleat negara Jepang pada tahun 2018 - 2023

Tahun	Jumlah (kg/tahun)	Pertumbuhan %
2018	1737310	-
2019	2555569	32.02%
2020	1741960	-46.71%
2021	2371430	26.54%
2022	2863800	17.19%
2023	3018110	5.11%

Sumber: *World Integrated Trade Solution (WTI)*

3. Data impor butil oleat negara Amerika Serikat pada tahun 2018 - 2023

Tahun	Jumlah (kg/tahun)	Pertumbuhan %
2018	1428630	-
2019	1797160	20.51%
2020	1383610	-29.89%
2021	1715480	19.35%
2022	3072950	44.17%
2023	3076568	0.12%

Sumber: *World Integrated Trade Solution (WTI)*

4. Data impor butil oleat kawasan Uni Eropa pada tahun 2018 - 2023

Tahun	Jumlah (kg/tahun)	Pertumbuhan %
2018	12036240	-

2019	6255120	-92.42%
2020	6378680	1.94%
2021	7706350	17.23%
2022	6726700	-14.56%
2023	8259810	18.56%

Sumber: *World Integrated Trade Solution (WTI)*

Merujuk pada data di atas, estimasi kebutuhan n-Butil Oleat pada tahun 2030 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$m = p (1 + i)^n$$

Dimana :

m = jumlah produk pada tahun 2030 (kg/tahun)

P = data besarnya impor pada tahun 2024 (kg)

i = rata - rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = selisih tahun

sehingga, diperkirakan konsumsi pada tahun 2030 sebesar :

$$m = p (1 + i)^n$$

$$m = 25081682 \times (1 + (-4,2\%))^6$$

$$m = 19390522 \text{ kg/tahun}$$

atau

$$m = 19390 \text{ ton/tahun}$$

Untuk data penunjang ekspor butil oleat dari Indonesia ke beberapa luar negeri dapat menggunakan data impor butil oleat sehingga bisa memproyeksikan seberapa besar pangsa pasar butil oleat di negara tujuan ekspor. estimasi proyeksi ekspor n-Butil Oleat pada tahun 2030 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$m = p (1 + i)^n$$

Dimana :

m = jumlah produk pada tahun 2030 (kg/tahun)

P = data besarnya impor pada tahun 2023 (kg)

i = rata - rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = selisih tahun

sehingga, diperkirakan proyeksi ekspor butil oleat dengan negara tujuan ekspor pada tahun 2030 sebagai berikut :

1. Jerman

$$m = p (1 + i)^n$$

$$m = 13641000 \times (1 + (-12,69\%))^7$$

$$m = 5276620 \text{ kg/tahun}$$

atau

$$m = 5276 \text{ ton/tahun}$$

2. Jepang

$$m = p (1 + i)^n$$

$$m = 3018110 \times (1 + 6,83\%)^7$$

$$m = 4793518 \text{ kg/tahun}$$

atau

$$m = 4793 \text{ ton/tahun}$$

3. Amerika Serikat

$$m = p (1 + i)^n$$

$$m = 3076568 \times (1 + 10,85\%)^7$$

$$m = 6327674 \text{ kg/tahun}$$

atau

$$m = 6327 \text{ ton/tahun}$$

4. Uni Eropa

$$m = p (1 + i)^n$$

$$m = 8259810 \times (1 + (-13,85\%))^7$$

$$m = 2908645 \text{ kg/tahun}$$

atau

$$m = 2908 \text{ ton/tahun}$$

Total jumlah kebutuhan impor pada 4 negara tersebut adalah 19306 ton/tahun.

Dari data diatas, dapat dihitung kapasitas pabrik n-butil oleat pada tahun 2030 sebagai berikut :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$= (19390 + 19306) - (0 + 0)$$

$$= 38696 \text{ ton/tahun}$$

Untuk menghasilkan butil oleat pada pabrik ini dengan menggunakan katalis asam sulfat dengan konversi reaksi 97% dan dengan rasio molar asam oleat, butanol 1:5, maka diperlukan asam oleat sebanyak $\pm 32.686,57$ ton dan butanol: $\pm 42.856,61$ ton untuk mencapai produksi tahunan 38.000 ton butil oleat.

1.2.2 Besarnya Nilai Konsumsi Butil Oleat Secara Global

Konsumsi n-butil oleat di Indonesia menunjukkan tren peningkatan seiring dengan pertumbuhan industri yang memanfaatkannya, seperti pelumas, kosmetik, dan bahan kimia industri. Sebagai senyawa ester yang dihasilkan dari reaksi antara asam oleat dan n-butanol, n-butil oleat memiliki sifat pelumas yang baik dan stabilitas oksidasi yang tinggi, menjadikannya pilihan utama dalam berbagai

aplikasi industri. Pertumbuhan sektor otomotif dan manufaktur di Indonesia turut mendorong permintaan terhadap n-butil oleat, mengingat penggunaannya yang luas dalam formulasi pelumas dan bahan tambahan lainnya. Meskipun Indonesia memiliki potensi untuk memproduksi n-butil oleat secara lokal, sebagian besar kebutuhan domestik masih dipenuhi melalui impor. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan kapasitas produksi dalam negeri dan kurangnya investasi di sektor oleokimia. Untuk mengurangi ketergantungan pada impor dan memenuhi permintaan yang terus meningkat, diperlukan pengembangan industri lokal melalui investasi dalam fasilitas produksi dan penelitian untuk meningkatkan efisiensi proses produksi n-butil oleat. Langkah ini tidak hanya akan memenuhi kebutuhan domestik tetapi juga membuka peluang ekspor ke pasar internasional.

Secara global, pangsa pasar butil oleat terus meningkat seiring bertambahnya populasi manusia dan kebutuhan akan industri besar. Menurut *Global Info Research* nilai pasar butil oleat sebesar 47,3 juta \$ pada tahun 2024 dan diperkirakan memiliki pangsa pasar sebesar 64,5 juta \$ pada tahun 2031 dengan CAGR per tahun sebesar 4,6 % hingga 6%.

1.2.3 Kapasitas Produksi Butil Oleat

Berdasarkan data impor n-butil oleat di Indonesia dan impor n-butil oleat di luar negeri, diketahui bahwa nilai kapasitas kebutuhan mencapai sekitar 38696 ton per tahun, yang mencerminkan tingginya permintaan terhadap senyawa ini untuk berbagai keperluan industri, seperti pelumas, bahan tambahan kimia, serta produk perawatan pribadi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pabrik yang akan didirikan dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 38.000 ton per tahun pada 2030. Diharapkan dengan didirikannya pabrik n-Butil Oleat:

1. Memenuhi permintaan n-Butil Oleat di dalam negeri serta di pasar internasional melalui ekspor.
2. Meningkatkan pendapatan negara di sektor industri sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap impor n-Butil Oleat.
3. Mendorong perkembangan industri kimia di Indonesia sebagai bagian dari

kesiapan menghadapi era pasar bebas.

4. Menciptakan lapangan pekerjaan baru guna menekan angka pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat Indonesia.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Untuk mendirikan pabrik butil oleat dengan kapasitas 38.000 ton/tahun di Indonesia membutuhkan bahan baku $\pm$ 32.686,57 ton asam oleat dan $\pm$ 42.856,61 ton n-butanol. Kapasitas produksi butanol ditentukan berdasarkan permintaan domestik serta kebutuhan ekspor. Di Indonesia, salah satu pabrik butanol yang telah beroperasi adalah PT. Petro Oxo Nusantara di Gresik, dengan kapasitas produksi mencapai 30.000 ton per tahun. Walaupun butanol sudah diproduksi secara lokal, Indonesia masih mengimpor komoditas ini. Selain itu, tren impor butanol di Indonesia terus mengalami peningkatan. Rincian data impor butanol dari tahun 2017 hingga 2023 dapat ditemukan pada Tabel sebagai berikut :

Tahun	Kapasitas (Ton)
2017	45.559
2018	47.376
2019	49.581
2020	51.663.5
2021	53.812
2022	55.960.5
2023	5.810

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) 2023

Perusahaan multinasional yang memproduksi butanol diluar Indonesia sebagai berikut :

1. Mitsubishi Chemical Group Corporation yang memiliki kapasitas produksi butanol sebanyak 120000 ton dalam satu tahun.

2. PetroChina Company Limited memproduksi butanol sebanyak 16% dari total produksi butanol yang ada di China. Petro China memiliki kapasitas produksi butanol sebanyak 698400 ton dalam satu tahun.
3. SABIC Corporation yang berlokasi di Saudi Arabia
4. Petronas Chemical Group Berhad yang berlokasi di Malaysia

Produksi Asam Oleat di Indonesia, Asam oleat adalah asam lemak tak jenuh yang banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti farmasi, kosmetik, makanan, dan pelumas. Untuk N-heksana yang berfungsi sebagai *solven* atau pelarut bisa disuplai melalui PT. Darnait Esa Artha yang bergerak di bidang distribusi bahan baku kimia. Di Indonesia, produksi asam oleat berkembang seiring dengan meningkatnya permintaan baik dari pasar domestik maupun internasional. Produksi asam oleat di Indonesia umumnya berasal dari minyak nabati, terutama minyak sawit dan minyak kelapa. Sebagai salah satu produsen minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia memiliki ketersediaan bahan baku yang melimpah untuk menghasilkan asam oleat. PT Sinar Mas Agro Resources and Technology Tbk (PT SMART Tbk), bagian dari Sinar Mas Group, adalah perusahaan yang bergerak di sektor agribisnis dan industri berbasis kelapa sawit. Perusahaan ini memiliki dua fasilitas canggih dengan kapasitas produksi hingga 440.000 ton oleokimia per tahun, termasuk asam oleat berbasis sawit, namun untuk suplai asam oleat dengan kemurnian 99% didapat dengan melakukan impor dari perusahaan Tianjin Fuyu Fine Chemical yang berlokasi di Tiongkok. Berikut perbandingan kandungan asam oleat dalam minyak nabati:

Tabel 1.1 Perbandingan Kandungan Asam Oleat Pada Minyak Nabati

Minyak Nabati	Persentase Kandungan Asam Oleat/%
Minyak Zaitun	77.9
Minyak Rapa	64.5
Minyak Kacang Tanah	59.2
Minyak Kanola	57.3

Minyak Sawit	41.0
Minyak Wijen	40.0
Minyak Bunga Matahari	30.4
Minyak Jagung	28.4
Minyak Biji Anggur	25.4
Minyak Biji Rami	20.4

Perusahaan kimia yang memproduksi asam oleat dengan tingkat kemurnian hingga 99% sebagai berikut :

1. Ruqinba Shenzen Chemical yang memproduksi asam oleat dengan kemurnian 99% dengan kapasitas produksi nya sebesar 10000 Ton dalam satu tahun
2. Nanjing Group yang berlokasi di Nanjing, Provinsi Jiangsu, China mampu memproduksi oleokimia sebesar 600000 ton. Sekitar 300 ribu ton asam oleat mampu diproduksi di China dalam periode satu tahun.
3. Zhengzhou Yibang Industry & Commerce Co., Ltd yang memproduksi asam oleat dengan 99% kemurnian sebanyak 5000 ton dalam satu tahun.
4. Hebei Kaibel Biotech Co., Ltd berlokasi di Qingdao negara China memiliki kapasitas produksi asam oleat 99% sebesar 24000 ton dalam satu tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Bahan Baku dan Produk

1.3.1.1 Asam Oleat

Asam oleat merupakan asam lemak tak jenuh tunggal yang memiliki rumus kimia $C_{18}H_{34}O_2$ dan termasuk dalam kelompok asam lemak omega 9. Asam oleat memiliki satu ikatan rangkap pada posisi ke 9 dari ujung gugus karboksil ($COOH$) yang membuat asam oleat termasuk asam lemak tak jenuh. Asam oleat memiliki sifat fisik salah satunya suhu titik didih sekitar $360\text{ }^{\circ}C$ dan tidak mudah larut

dalam air namun asam oleat akan larut dalam pelarut organik seperti etanol (Lopez, 2014).

Asam oleat adalah salah satu komoditas asam lemak tak jenuh yang paling melimpah di alam. Asam oleat dapat ditemukan pada tumbuhan seperti : pohon zaitun dengan asam oleat yang terdapat dalam minyak zaitun, pohon kelapa sawit, dan lemak hewani. Sehingga dengan melimpahnya asam oleat di alam kebutuhan bahan baku pada pabrik butil oleat tidak akan kekurangan. Asam oleat digunakan pada industri sabun, krim, obat-obatan dan juga kosmetik. Hal tersebut dikarenakan asam oleat memiliki keunggulan yang terletak pada sifat melembapkan dan emoliennya.

1.3.1.2 Butanol

Butanol adalah salah satu jenis alkohol dengan nama butil alkohol atau n-butanol yang memiliki 4 atom karbon ($C_4H_{10}O$) yang memiliki beberapa isomer struktural. Setiap isomer memiliki sifat dan struktur yang berbeda-beda karena struktur molekulnya (Green, 2011). Pada zaman modern ini butanol diproduksi secara sintesis dan merupakan produk turunan dari industri petrokimia berdasarkan sintesis propilena oxo dimana aldehida dari hidroformilasi propilena dihidrogenasi untuk menghasilkan butanol. Butanol memiliki sifat mudah terbakar yang dalam penyimpanannya harus dilakukan dengan cara khusus (Perry, 1997). Fungsi dari butanol sebagai pelarut di berbagai industri seperti : industri vitamin, tekstil, dan kimia, butanol juga digunakan dalam industri polimer dan plastik, pada industri cat butanol digunakan untuk pelarut dan lapisan permukaan pada cat, dan juga butanol digunakan sebagai agen ekstraksi untuk mendapatkan antibiotik, vitamin, alkaloid, dan vitamin.

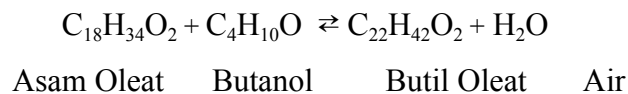
1.3.1.3 Butil Oleat

Butil oleat merupakan senyawa ester yang memiliki rumus kimia $C_{22}H_{42}O_2$ dan termasuk dalam kelompok ester asam lemak. Butil oleat memiliki berbagai peranan salah satunya dalam pabrik plastik yaitu sebagai plasticizer. Plasticizer adalah senyawa aditif yang ditambahkan kedalam polimer untuk meningkatkan sifat morfologi polimer seperti fleksibilitas dan *workability* (Haryono, 2006).

Plasticizer komersial yang umum digunakan adalah plasticizer turunan minyak bumi yang bersifat nonbiodegradable dan toxic, seperti Dioctyl Phthalate (DOP) atau Dietilheksil Phthalate (DEHP) dan Diiso Nonyl Pthalate (DINP) (Vieira, dkk., 2011). Penambahan plasticizer pada plastik dapat menurunkan viskositas leburan dan modulus elastisitas plastik. Manfaat lain dari butil oleat adalah pada pabrik pembuatan karet sintesis, pabrik cat, pabrik poliester dan pabrik lainnya. Butil Oleat memiliki titik didih sebesar 227 °C dan fase cair pada suhu ruang. Butil oleat memiliki viskositas yang rendah sehingga cocok dijadikan pelumas dan tidak mudah larut, namun larut dalam pelarut organik.

1.3.2 Proses Pembuatan Butil Oleat

Secara sederhana dengan gambaran reaksi kimia, proses pembuatan butil oleat sebagai berikut :



1.3.2.1 Esterifikasi dengan Katalisator Asam Sulfat (H₂SO₄)

Pada proses ini dilakukan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bertelot dan St. Gilles pada tahun 1862. diketahui secara umum reaksi esterifikasi adalah reaksi kesetimbangan yang berjalan berbalik arah secara berulang kali (reversibel) sehingga reaksi ini tidak dapat terjadi secara komplit (Kick & Othmer, 1978).

Reaksi berlangsung pada reaktor berjenis *continuous flow stirred tank reactor* (CSTR). Reaktor beroperasi pada temperatur 100 °C dengan tekanan 1,013 bar pada fase cair. Bahan baku katalis yang sudah melalui tahap *pre-treatment* diumpankan melalui bagian dasar reaktor dengan rasio perbandingan mol 1:5 (asam oleat : butanol) dengan bantuan katalis H₂SO₄ dengan konsentrasi katalis asam sulfat sebesar 0,9365 %. *Yield* butil oleat yang didapat sebesar 97 % (Othmer dan Rao, 1950). Pada metode ini cenderung lebih murah dan sederhana. Namun, memiliki kekurangan di katalis yang memiliki sifat korosif dan sulit untuk

dipisahkan dari produk.

1.3.2.2 Esterifikasi dengan Katalis Zeolit

Zeolit merupakan katalis yang paling sering digunakan pada industri besar. Zeolit memiliki beberapa kandungan mineral yang dominan seperti : SiO_4 dan AlO_4 . Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Menurut Nasikin, dkk (2006). Zeolit alam yang diaktivasi menjadi H-Zeolit merupakan katalis asam yang mampu mengkatalisis asam lemak dengan alkohol melalui reaksi esterifikasi.

Asam oleat sebanyak 31,5 ml berdasarkan perbandingan asam oleat dan butanol 1 : 9 (31,5 ml : 82,5 ml) dimasukkan ke dalam reaktor. Kemudian dipanaskan sampai suhu 110 °C dengan menggunakan oil bath. Selanjutnya, tambahkan katalis H-Zeolit yang divariasikan (12,5%, 15%, 17,5%), selanjutnya tambahkan butanol sebanyak 82,5 ml ke dalam reaktor tersebut. Lakukan reaksi esterifikasi pada suhu 110 °C selama 6 jam dengan variasi kecepatan pengadukan (175 rpm, 200 rpm, 225 rpm). Hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam, maka akan terbentuk dua lapisan (filtrat dan endapan). Filtrat berupa plastisizer butil oleat dan endapan berupa katalis H-Zeolit. Hasil konversi dari proses ini adalah 76,73% (Selly, 2015).

1.3.2.3 Esterifikasi dengan Katalis *Ceric Ammonium Sulfate*

Katalis ini memiliki rumus kimia $(\text{NH}_4)_4\text{Ce}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ biasa digunakan sebagai agen pengoksidasi kuat dalam sintesis organik dan analisis kuantitatif. Reaksi asam oleat dan butanol dengan perbandingan mol 1:2,5 untuk membentuk butil oleat terjadi dalam reaktor tangki berpengaduk (RTB). Reaksi berlangsung pada suhu 100 °C dan tekanan 1 atm selama 3 jam dengan konversi 97,1 %. Reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas karena reaksi berlangsung secara endotermis. Reaksi pembentukan butil oleat dibantu dengan katalis *Ceric Ammonium Sulfate* sebesar 5 % dari beban total bahan baku (Long, et al. 2013). Hasil dari proses tersebut berupa butil oleat, asam oleat, butanol, air, dan asam

palmitat yang kemudian dialirkan menuju *rotary drum vacuum filter* untuk memisahkan katalis yang terkandung dalam produk hasil reaksi.

Dari uraian penjelasan diatas maka bisa dibandingkan dari proses-proses antara esterifikasi dengan asam sulfat, zeolit, dan *Ceric Ammonium Sulfate* sebagai berikut :

Tabel 1.2 Seleksi Proses

Parameter	Macam Proses Esterifikasi		
	Katalisator H ₂ SO ₄	Katalisator zeolit	Katalisator <i>ceric ammonium sulfate</i>
Rasio Molar (asam oleat : butanol)	1 : 5	1 : 9	1 : 2,5
Katalis	Asam sulfat	Zeolit	<i>Ceric ammonium sulfate</i>
Suhu Reaksi (°C)	100	110	100
Waktu Reaksi	120 menit	360 menit	180 menit
Konversi	97 %	76,73 %	97,1 %
Kelebihan	- <i>Yield</i> yang besar - waktu produksi yang singkat - katalis mudah didapat	- Proses produksi yang mudah	- Butanol yang dibutuhkan sedikit - konversi yang besar
Kekurangan	- tidak ramah lingkungan - korosif yang tinggi maka dibutuhkan	- reaksi yang lama - katalis yang dibutuhkan banyak - <i>Yield</i> yang sedikit	- energi yang dibutuhkan besar - proses pemurnian produk yang rumit

	n alat-alat yang mahal		
--	------------------------------	--	--

Dari uraian penjelasan diatas dari “proses pembuatan butil oleat dari asam oleat dengan butanol dengan metode esterifikasi” , dipilih dengan menggunakan katalisator asam sulfat dengan rumus kimia H_2SO_4 dengan alasan sebagai berikut :

1. Proses esterifikasi dengan katalis asam sulfat membutuhkan waktu yang lebih singkat yaitu selama 2 jam saja dibanding dengan proses esterifikasi yang lain
2. *Yield* produk butil oleat yang lebih besar yaitu 97 % (Othmer dan Rao, 1950) dengan bantuan katalis H_2SO_4 dengan konsentrasi katalis asam sulfat sebesar 0,9365 %. Katalis asam sulfat yang digunakan memiliki kemurnian hingga mencapai 99%.
3. Jika dilihat dari ketersediaan katalis, asam sulfat merupakan katalis yang paling mudah untuk didapatkan di pasar lokal atau di Indonesia.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi esterifikasi dengan katalis padat maupun cair.

Tabel 1.3 Nilai Entalpi Pembentukan, pada suhu 100 °C dan tekanan 1,013 bar

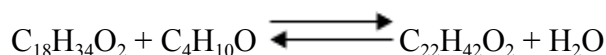
Rumus Kimia	Nama Senyawa	ΔH_f (kJ/kmol)	Referensi
$C_{18}H_{34}O_2$	Asam oleat	-671,8	Yaws, 1997
$C_4H_{10}O$	Butanol	-327,3	Korobov, 2000
$C_{22}H_{42}O_2$	Butil oleat	-816,9	Korobov, 2000

H ₂ O	Air	-285,8	Korobov, 2000
------------------	-----	--------	---------------

Untuk menentukan nilai dari sebuah entalpi yang berfungsi untuk menentukan jumlah kalor yang diserap atau dilepaskan selama reaksi kimia dan juga memahami sifat termodinamika dari suatu zat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta H_r^o = \Sigma \Delta H_f^o(\text{produk}) - \Sigma \Delta H_f^o(\text{reaktan})$$

Pada reaksi esterifikasi ini memiliki reaksi kimia secara reversible atau berlawanan arah yang terjadi karena produk yang terbentuk dapat bereaksi kembali menjadi reaktan yang disebabkan oleh laju reaksi maju dan balik yang sama dalam sistem tertutup, sehingga tercapai kesetimbangan. Untuk reaksi yang terjadi sebagai berikut :



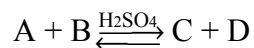
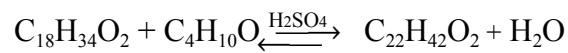
$$\begin{aligned} \Delta H_f^o &= [\Delta H_f \text{C}_{22}\text{H}_{42}\text{O}_2 + \Delta H_f \text{H}_2\text{O}] - [\Delta H_f \text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2 + \Delta H_f \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}] \\ &= [(-816,9) + (-285,8)] - [(-671,8) + (-327,3)] \\ &= \mathbf{- 103,6 \text{ kJ/kmol}} \end{aligned}$$

Karena nilai entalpi pembentukannya bernilai negatif sehingga diketahui jika reaksi bersifat eksotermis. Reaksi eksotermis melepaskan kalor atau panas yang merupakan hasil dari reaksi produksi butil oleat. Artinya terdapat notasi negatif pada ΔH_f^o yang menjadi $-\Delta H_f^o$ sehingga menunjukkan bahwa nilai ini melepaskan panas atau kalor ke lingkungan. Ciri - ciri reaksi eksotermis terjadi pada suatu reaksi kimia sebagai berikut :

1. Entalpi produk lebih kecil dari entalpi reaktan karena sistem melepaskan kalor ke lingkungan sehingga entalpi reaksi bernilai negatif ($\Delta H < 0$).
2. Sistem melepaskan kalor ke lingkungan sehingga suhu lingkungan menjadi naik.
3. Reaksi akan menghasilkan energi.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika dari reaksi esterifikasi pada produksi butil oleat dengan bahan baku asam oleat dan butanol ini menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 0,9365%. Reaksi esterifikasi dengan bantuan katalisator berupa asam sulfat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :



Persamaan dari kecepatan reaksi dinyatakan sebagai berikut :

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Dimana :

$-r_A$ = laju reaksi A

k = konstanta kecepatan reaksi

C_A = konsentrasi zat A (asam oleat sisa)

C_B = konsentrasi zat B (butanol sisa)

A = asam oleat (mol)

B = butanol (mol)

$k = 404,4 \text{ (m}^3/\text{kmol.jam)}$

BAB II PERANCANGAN PRODUK

Untuk mencapai standar produk ataupun produk yang disesuaikan sehingga dapat memenuhi permintaan dari pasar untuk kebutuhan butil oleat secara internasional maupun nasional, proses produksi butil oleat dari butanol dan asam oleat dapat dirancang menggunakan beberapa variabel seperti spesifikasi produk, spesifikasi bahan dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi Bahan dalam Proses Pembentukan n-Butil Oleat:

2.1.1 Bahan Baku

a. Asam Oleat

Rumus Kimia	: $C_{18}H_{34}O_2$
Berat Molekul (g/mol)	: 282,47
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: 13,4 $^{\circ}C$
Titik Didih (760 mmHg)	: 360 $^{\circ}C$
Fase	: Cair/liquid
Warna	: Kuning cerah
Density	: 810 kg/m ³
Nilai pH	: ~7
Tekanan Uap (20 $^{\circ}C$)	: 0,1 hPa atau 0,0750061 mmHg
Kelarutan	: Secara praktis tidak larut
Koefisien partisi (nilai log)	: 7,73 pada n-oktanol/air
<i>Flammability</i>	: Mudah terbakar
(Chemwatch, 2024) (Perry dan Green., 2008)	

b. n-Butanol

Rumus Kimia	: $C_4H_{10}O$
Berat Molekul (g/mol)	: 74,12
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: -89,3 $^{\circ}C$
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: 107,7 $^{\circ}C$
Fase	: Cair/liquid
Warna	: Tidak berwarna
Density	: 895 kg/m ³
Temperatur krisis	: 289,8 $^{\circ}C$
Tekanan krisis	: 43,55 atm
<i>Spesific gravity</i>	: 0,810

Kelarutan dalam air (25 $^{\circ}C$) : 68 g/L

Dapat larut dalam berbagai pelarut organik

Tidak dapat larut dalam air

(Flinn Scientific, 2015) (De Renzo dan Mellan, 1985, Thomas, 2000)

c. Asam Sulfat

Rumus Kimia	: H_2SO_4
Berat Molekul (g/mol)	: 98,08
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: 10,49
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: 336,85
Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Density	: 1840 kg/m ³
Kelarutan	: larut dalam pembentukan panas

Nilai pH (20°C)	: 1
Temperatur krisis	: 651,85 °C
Tekanan krisis	: 63,16 atm
<i>Spesific gravity</i>	: 1,8357
Kelarutan, 25 °C	: 106 mg/L
ΔG° pembentukan (25 °C)	: -164,93 Kkal/kmol
ΔH° pembentukan (25 °C)	: 27,29 Kkal/kmol

Apabila bereaksi dengan basa akan membentuk garam dan air
(Perry dan Green., 2008)

d. n-heksana

Rumus Kimia	: C_6H_{14}
Berat Molekul (g/mol)	: 86,18
Titik Leleh (°C)	: - 95
Titik Didih (°C)	: 69
Fase	: Cair
Warna	: Bening
Density	: 0,659 g/ml
Kelarutan	: 13 mg/L pada 20 °C
Sifat	: - Non Polar - Mudah Menguap
Kegunaan industri	: Pelarut dalam berbagai aplikasi

(PubChem, 2025) (Perry dan Green., 2008)

2.1.2 Produk

a. n-Butil Oleat (Sigma-Aldrich, 2025) (MSDS, 2024)

Rumus Kimia	: $C_{22}H_{42}O_2$
Berat Molekul (g/mol)	: 354,58
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: -20
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: 373
Kepadatan (g/cm ³ , 20 $^{\circ}C$)	: 0,87
Fase	: Cair/liquid
Warna	: Tidak berwarna
Density (15 $^{\circ}C$)	: 0,8704 g/cm ³
Indeks bias	: 1558
Tekanan Uap (25 $^{\circ}C$)	: 4.29E-07 mmHg
Kelarutan Methanol (Slightly)	: Chloroform , Ethyl Acetate,

b. Asam Palmitat

Rumus Kimia	: $C_{16}H_{32}O_2$
Berat Molekul (g/mol)	: 256,42
Titik Leleh ($^{\circ}C$)(1 atm)	: 63,1
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: 350
Fase	: Cair
Warna	: Putih Kekuningan
Density	: 0,8534 g/cm ³
Odor	: -
Nomor CAS	: 57-10-3
Kelarutan air	: Tidak Larut

Spesific gravity : 0,85 g/cm³
 Indeks Bias : 1,4273
 Kemana : Mudah terbakar, stabil
 (Perry dan Green., 2008) (PubChem)

c. Air (MSDS Roth, 2021)

Rumus Kimia : H₂O
 Berat Molekul (g/mol) : 18,02
 Titik Leleh (°C) : 0
 Titik Didih (°C) : 100
 Fase : Cair
 Warna : Tidak berwarna
 Odor : odorless
 Kelarutan apapun : Dapat bercampur dalam komposisi
 Nilai pH : netral
 Pada suhu 303,2 Kelvin atau 30,05 °C
 Density : 989,4 kg/m³
 Tekanan Uap : 4,26 Pa
 Panas Kapasitas : 4,179 J/kg.K
 Viskositas : 0,000815 Pa.s
 Panas Konduktivitas : 0,6132 W/m.K
Prandtl Number : 5,56
 Δ Hf (25°C) : - 68,32 kkal/mol
 Δ Gf (25 °C) : - 56,9 kkal/mol

(Perry 9th edition, 2018) (LabChem, 2020)

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan dalam menjamin segala proses produksi serta operasi yang ada dalam menciptakan sebuah produk berjalan sesuai dengan rencana yang telah dibuat dan jika terjadi suatu kesalahan maka dapat diperbaiki agar rencana yang ada tetap dapat dilaksanakan (Assauri, 2004).

Menurut pendapat lain, pengendalian kualitas sebagai sebuah teknik membenaran serta pengawasan yang dilakukan pada perencanaan proses produksi maupun prosedur proses yang sudah telah dibuat, penggunaan alat yang sesuai, pengawasan yang dilakukan secara konstan serta melakukan korektif apabila ditemukan kesalahan (Ginting, 2007). Dalam prosesnya, quality control atau kendali mutu ini sendiri dapat dilakukan oleh sebuah perusahaan baik secara manual maupun modern. Untuk manual sendiri, seringkali perusahaan membentuk sebuah tim kendali mutu yang bertugas untuk memastikan segala proses produksi yang berjalan sesuai dengan standar yang ada. Sedangkan, proses modern seringkali menggunakan teknologi yang lebih efisien karena menggunakan alat. Berikut ini beberapa tanggung jawab sebagai tim quality control atau kendali mutu di dalam sebuah perusahaan.

Dalam melaksanakan pengawasan kualitas diperlukan tenaga kerja yang melakukan tugas yang memenuhi kriteria diantaranya adalah objektivitas dan kecermatan. Oleh karena itu, dalam menempatkan pekerja individu harus dengan seleksi SDM (sumber daya manusia) secara ketat dikarenakan pengawasan kualitas merupakan bagian terpenting dalam suatu usaha. Menurut Sofjan Assuari (1978:234) bahwa kebutuhan akan pengawas-pengawas yang banyak dalam organisasi menimbulkan kebutuhan akan pegawai dari berbagai tingkat, mulai dari inspektur yang setengah ahli yang melakukan pengecekan terperinci secara rutin, sampai kepada kepala - kepala pengawas yang bertanggung jawab atas semua kegiatan pengawas dalam perusahaan. Dengan demikian maka dapat disimpulkan

bahwa pegawai merupakan komponen yang penting untuk sukses atau tidaknya program pengawasan kualitas yang dilakukan oleh perusahaan. Dan tenaga pengawas tersebut sebaiknya terdiri dari gabungan antara pegawai atau karyawan dari bidang - bidang yang terdapat pada suatu perusahaan.

Pemilihan keahlian tenaga pengawas tersebut menurut Sofjan Assuari (1978:229) diharapkan memiliki keahlian agar dalam pengawasan kualitas pada suatu produk yang dihasilkan oleh perusahaan dapat berjalan sesuai target sebagai berikut :

1. Pengawasan atas kejadian di bermacam - macam tingkat proses dan diantaranya tingkat - tingkat proses
2. Pengawasan terakhir atas barang - barang hasil sebelum dikirim kepada pelanggan.
3. Pengawasan atas penerimaan bahan - bahan yang masuk
4. Test atau percobaan dari pemakai

2.2.1 Pengendalian Kualitas Pada Bahan Baku

Pengendalian kualitas pada bahan baku bertujuan untuk memastikan bahan baku yang akan digunakan pada proses pembuatan produk sesuai dengan produk yang diinginkan oleh pasar sehingga dapat terjual dengan harga yang baik. Pengendalian kualitas bahan baku juga bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam proses produksi atau belum. Oleh karena itu, dilakukan pengujian pada bahan baku asam oleat, butanol dan bahan pendukung lainnya yang digunakan dalam proses produksi butil oleat. Tujuan dari pengendalian kualitas bahan baku agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan spesifikasi yang diinginkan. Selain itu, tujuan dari pengendalian kualitas pada bahan baku adalah dapat mengurangi proses yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas bahan baku atau upstream dimana proses tersebut dapat menambah biaya operasional pada proses pembuatan produk dari suatu pabrik atau perusahaan.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi atau quality control adalah kegiatan sistematis yang bertujuan untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standar ISO atau SNI atau kualitas yang sudah ditetapkan oleh konsumen maupun pasar besar melalui perencanaan, pemantauan, pengujian atau tindakan korektif.

Pengendalian kualitas pada proses produksi terhadap jalannya selama proses produksi pada pabrik dilakukan dengan alat pengendalian atau *control process* yang sudah terdapat pada ruang pengawasan yang selama pengawasan dilakukan secara otomatis dengan menggunakan indikator atau sensor yang memiliki kemampuan untuk memberikan sinyal dengan tanda nyala lampu, alarm bunyi, dan sebagainya menyala. Apabila itu terjadi, maka itu merupakan terjadinya penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan dan diatur baik pada bagian *flow rate* bahan baku yang digunakan atau produk yang dihasilkan selama proses berlangsung, *temperature control*, *level control*, maupun *danger control*. Instrumentasi memiliki tiga fungsi utama yaitu : sebagai alat pengukur, sebagai alat analisa, dan sebagai alat kendali. Instrumen adalah faktor yang menentukan kualitas dari suatu hasil produksi. Pengendalian proses produksi meliputi aliran dan alat sistem kontrol. Pengawasan yang dikontrol oleh alat untuk pengontrolan atau pengawasan terhadap kondisi operasi pabrik baik dari segi suhu maupun tekanan sebagai berikut :

a. *Level Control*

Level control merupakan perangkat pengendali yang dipasang di bagian atas tangki. Jika kondisi operasi belum mencapai batas yang ditentukan, maka alat ini akan memberikan peringatan melalui suara atau nyala lampu sebagai tanda.

b. *Flow Control*

Flow control merupakan perangkat pengendali yang dipasang pada jalur masuk bahan baku dan jalur keluar hasil proses.

c. *Temperature Control*

Temperature control adalah perangkat pengendali yang dipasang di setiap peralatan proses. Jika suhu belum mencapai kondisi operasi yang

ditentukan, alat ini akan memberikan sinyal peringatan berupa suara atau lampu yang menyala.

Jika pengendalian proses bertujuan untuk menjaga agar operasi berlangsung pada kondisi tertentu sehingga produk yang dihasilkan sesuai standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk memastikan bahwa bahan baku maupun produk akhir telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Pengawasan dan pengendalian produksi dilaksanakan setelah perencanaan produksi disusun dan proses berjalan, guna menjamin kelancaran dan efisiensi proses produksi.

Pelaksanaan proses produksi diharapkan mampu menghasilkan produk dengan mutu dan kualitas yang sesuai standar, serta jumlah produksi yang sesuai rencana dan selesai tepat waktu sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Pada Produk

Pengendalian kualitas produk diperlukan untuk memastikan mutu standar tetap terjaga. Salah satu upaya untuk memperoleh produk yang berkualitas adalah dengan menjaga kualitas bahan baku, melakukan pengawasan, serta mengendalikan proses produksi melalui penerapan sistem kontrol yang efektif.

2.2.4 Pengendalian Kuantitas

Pengendalian kuantitas bertujuan untuk meminimalkan penyimpangan jumlah produksi yang disebabkan oleh faktor seperti kesalahan operator, keterlambatan pasokan bahan baku, kerusakan mesin, atau proses perbaikan yang memakan waktu lama. Untuk mengatasi penyimpangan tersebut, perlu dilakukan evaluasi terhadap penyebabnya dan menyusun ulang perencanaan produksi agar sesuai dengan kondisi aktual.

2.2.5 Pengendalian Waktu

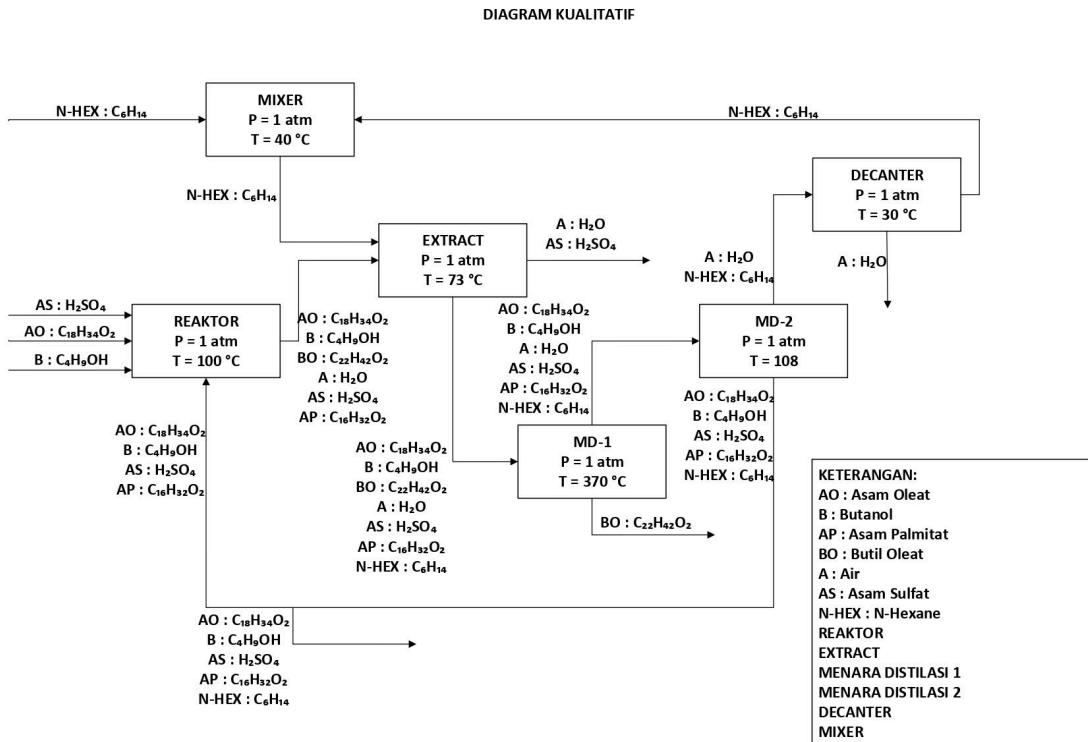
Pengendalian waktu juga merupakan elemen penting dalam upaya mencapai target jumlah produksi yang diharapkan. Sehingga target produksi dalam kurung waktu bulan ataupun tahun dapat tercapai.

2.2.6 Pengendalian Bahan Proses

Pencapaian kapasitas produksi yang diharapkan dipengaruhi oleh ketersediaan bahan proses yang memadai. Untuk memastikan bahan proses tetap mencukupi, diperlukan pengendalian kualitas terhadap bahan tersebut.

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif Produksi Butil Oleat

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan n-butil oleat secara umum terdapat 3 tahap, yaitu :

1. Tahap mempersiapkan bahan baku atau *pre-treatment*
2. Tahap reaksi esterifikasi
3. Tahap pemurnian dan pemisahan produk atau *recycle*

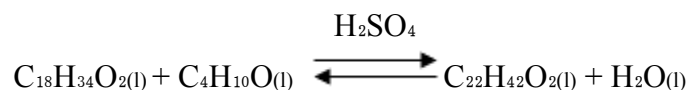
Berikut ini pemilihan dari setiap proses tahapan mempersiapkan bahan baku atau *pre-treatment*, reaksi esterifikasi dan pemurnian produk.

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Prarancangan pabrik butil oleat dari butanol dan asam oleat ini mendapatkan suplai dari PT. Petro Oxo Nusantara yang berasal dari Gresik dengan kapasitas 30.000 ton per tahun untuk suplai butanol dan Tianjin Fuyu Fine Chemical Co.,Ltd. yang berlokasi di Tianjing, China dengan kapasitas asam oleat sebanyak 180.000 metrik ton per tahun untuk suplai asam oleat. Bahan baku asam oleat akan disimpan pada tangki penyimpanan asam oleat dengan bantuan *heater* untuk memberikan panas agar asam oleat yang merupakan cairan kental dan memiliki nilai viskositas tinggi mendapatkan energi panas sehingga nilai viskositas turun dan mudah mengalir. Sedangkan butanol dari tangki penyimpanan n-butanol dipanaskan menggunakan *heater* untuk menjaga suhu n-butanol tetap stabil dikarenakan memiliki titik nyala sebesar 35 °C sehingga memiliki resiko kebakaran dan ledakan apabila disimpan pada suhu yang terlalu rendah. Setelah itu, asam oleat dan n-butanol diumpankan ke dalam reaktor dan untuk katalisnya berupa asam sulfat (H₂SO₄) dari tangki penyimpanan katalis yang dijaga pada suhu rendah atau suhu dingin agar tidak menyebabkan reaksi yang berbahaya. Kemudian katalis akan diumpankan ke dalam reaktor untuk mempercepat reaksi esterifikasi pada reaktor.

3.2.2 Proses Reaksi

Pada tahap reaksi, setelah asam oleat dan butanol diumpankan ke dalam reaktor dan ditambahkan dengan katalis. Katalis berupa asam sulfat dengan kemurnian 98% yang didapat dari PT. Petro Jordan Abadi yang berlokasi di kawasan industri Gresik memproduksi asam sulfat 600.000 MTPY (*Metric Ton Per Year*) maka akan terjadi reaksi kimia sebagai berikut :



Variabel operasi pada reaktor dijalankan pada suhu 120 °C dengan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan berjenis reaktor alir tangki berpengaduk (CSTR). Reaktor ini dilengkapi dengan pengaduk untuk menjaga homogenitas reaksi, memiliki jaket

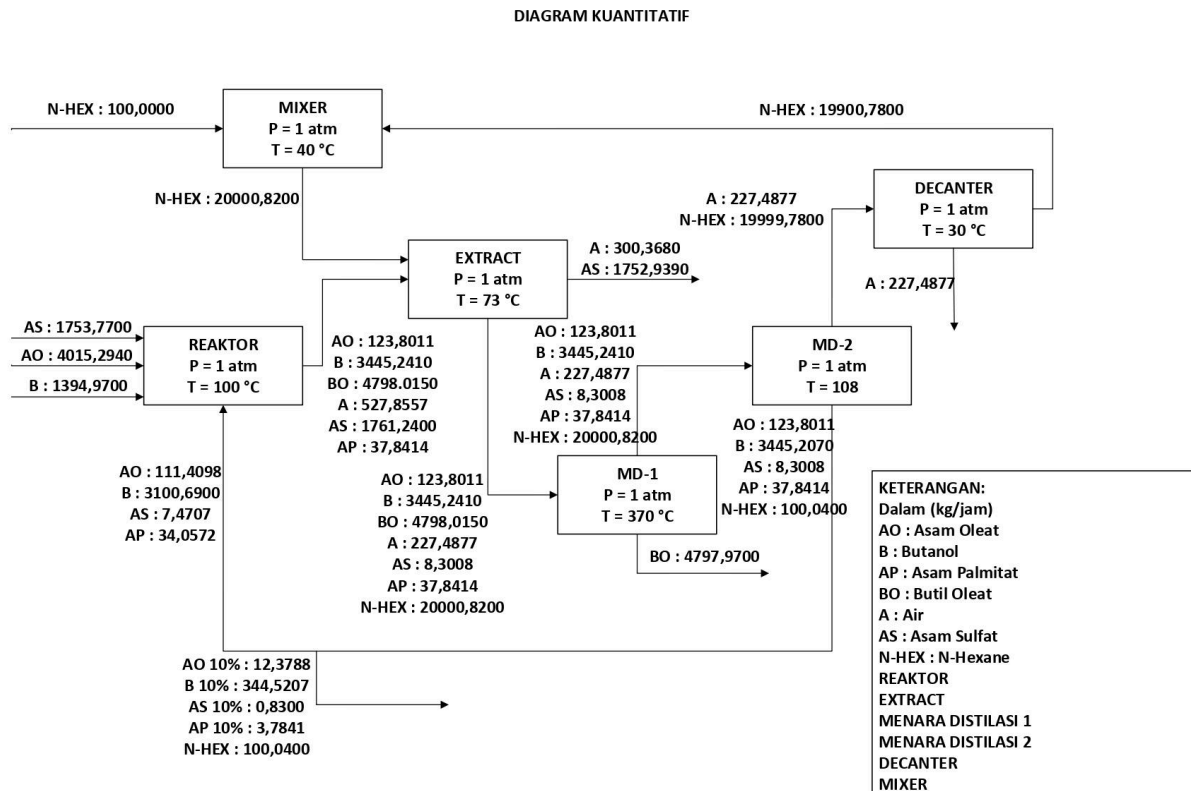
atau sistem pendingin untuk menjaga suhu dikarenakan proses reaksi bersifat eksotermis. Rasio molar yang digunakan adalah 1 : 5 dan konversi yang dihasilkan sebesar 97%. Hasil keluaran dari reaktor berupa : butil oleat sebagai produk utama, air, asam oleat, butanol, asam sulfat, dan asam palmitat. Hasil keluaran dari reaktor ini akan diumpankan ke ekstraktor untuk proses lebih lanjut.

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk yang keluar dari reaktor merupakan produk bersuhu tinggi berupa butil oleat, asam oleat, butanol dan asam sulfat yang perlu didinginkan menggunakan *cooler*. Suhu komponen setelah keluar dari reaktor sebesar 120 °C dan setelah didinginkan menjadi 38 °C. Selanjutnya, dari *cooler* diumpankan ke ekstraktor yang bertujuan untuk melarutkan katalis yang terbawa keluar dari reaktor yang berupa asam sulfat yang merupakan salah satu komponen keluaran reaktor dengan sifat kimia yang keras dan juga membuang air. Untuk melarutkan katalis asam sulfat digunakan n-heksana atau C_6H_{14} yang didapat dari PT. Darnait Esa Artha yang berlokasi di Tangerang Selatan. Ekstraktor bekerja sebagai pemisah asam sulfat dan air dari komponen lain dibantu dengan n-heksana sebagai pelarut menggunakan suhu tinggi sehingga asam sulfat dan air akan menguap dan keluar pada ekstraktor bagian atas, sedangkan komponen yang lainnya akan keluar pada bagian bawah ekstraktor. Selanjutnya, produk keluaran dari ekstraktor mengalir ke dalam menara distilasi 1 untuk dipisahkan berdasarkan titik didih nya. Hasil bawah menara distilasi 1 berupa butil oleat sebagai produk dialirkan ke Tangki Penyimpanan Produk. Hasil atas menara distilasi 1 dialirkan menuju menara distilasi 2 untuk memisahkan pelarut n-heksana dan air yang tersisa yang keluar sebagai distilat atau *light key component* yang dialirkan menuju ke decanter dan komponen lainnya keluar sebagai *heavy key component* yang dialirkan menuju *purging*. Pada decanter, komponen air dialirkan menuju ke UPL untuk di *treatment* lebih lanjut sedangkan n-heksana didaur ulang melalui *mixer* untuk mencampurkan *solvent* murni n-heksana yang kemudian dialirkan ke ekstraktor. Untuk *Purging* digunakan untuk membuang komponen yang berlebih dan tidak digunakan pada reaktor sehingga neraca massa dapat seimbang. Keluaran *purging* akan dibuang ke

UPL (Unit Pengolahan Limbah) sedangkan komponen yang digunakan akan dialirkan menuju ke reaktor sehingga lebih hemat bahan baku.

4.1 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.1 Diagram Alir Kuantitatif

4.2 Neraca Massa Total

Tabel 4.1 Neraca Massa Total

Tabel Neraca massa total								
Komponen	Aliran Masuk (Kg/jam)				Aliran Keluar (Kg/jam)			
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 19	Arus 9	Arus 12	Arus 15	Arus 17
Asam Oleat	3947.33	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	21.76
n-Butanol	0.00	1367.07	0.00	0.00	0.00	34.56	0.00	251.79
Asam Sulfat	0.00	0.00	1753.77	0.00	1752.94	0.09	0.00	0.90
Air	0.00	236.61	35.94	0.00	300.37	2.17	214.76	0.00
Asam Palmitat	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	3.67
Butil Oleat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4655.03	0.00	4.70
n-heksana	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	199.01	0.19	0.00
SubTotal	3951.12	1603.68	1789.71	100.00	2053.31	4893.43	214.95	282.82
Total	7444.52				7444.52			

4.3 Neraca Massa Per Alat

4.3.1 Neraca Massa Reaktor

Tabel 4.2.1 Neraca Massa Reaktor 1

Neraca Massa pada Reaktor (R-01)				
Komponen	Aliran Masuk			Aliran Keluar
	Arus 1	Arus 4	Arus 18	Arus 5
Asam Oleat	3947.33	0.00	195.81	814.72
n-Butanol	0.00	1367.07	3079.09	3521.26
Asam Sulfat	0.00	1753.77	8.07	1766.69

Air	0.00	272.56	0.00	451.84
Asam Palmitat	3.78	0.00	33.04	32.39
Butil Oleat	0.00	0.00	42.32	4107.10
Subtotal	3951.12	3393.40	3358.33	10694.00
Total	10694.0			10694.0

Tabel 4.2.2 Neraca Massa Reaktor 2

Neraca Massa pada Reaktor (R-02)		
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Arus 5	Arus 6
Asam Oleat	814.72	534.99
n-Butanol	3521.26	3490.49
Asam Sulfat	1766.69	1764.48
Air	451.84	482.62
Asam Palmitat	32.39	34.60
Butil Oleat	4107.10	4386.83
Subtotal	10694.00	10694.00
Total	10694.0	10694.00

Tabel 4.2.3 Neraca Massa Reaktor 3

Neraca Massa pada Reaktor (R-03)		
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Arus 6	Arus 7
Asam Oleat	534.99	360.06
n-Butanol	3490.49	3471.24
Asam Sulfat	1764.48	1763.10

Air	482.62	501.86
Asam Palmitat	34.60	35.98
Butil Oleat	4386.83	4561.76
Subtotal	10694.0	10694.0
Total	10694.0	10694.0

Tabel 4.2.4 Neraca Massa Reaktor 4

Neraca Massa pada Reaktor (R-04)		
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Arus 7	Arus 8
Asam Oleat	360.06	219.76
n-Butanol	3471.24	3455.81
Asam Sulfat	1763.10	1762.00
Air	501.86	517.30
Asam Palmitat	35.98	37.0832
Butil Oleat	4561.76	4702.0547
Subtotal	10694.0	10694.00
Total	10694.0	10694.00

4.3.2 Neraca Massa Ekstraktor

Tabel 4.3 Neraca Massa Ekstraktor

Neraca Massa pada Ekstraktor (E-301)				
Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
	Arus 8	Arus 20	Arus 9	Arus 10
Asam Oleat	219.76	0.00	0.00	219.76
n-Butanol	3455.81	0.00	0.00	3455.81
Asam Sulfat	1762.00	0.00	1752.94	9.06

Air	517.30	0.00	300.37	216.93
Asam Palmitat	37.08	0.00	0.00	37.08
Butil Oleat	4702.05	0.00	0.00	4702.05
n-heksana	0.00	19900.67	0.00	19900.67
Subtotal	10694.00	19900.67	2053.31	28541.37
Total	30594.7		30594.7	

4.3.3 Neraca Massa Mixer ke 1

Tabel 4.4 Neraca Massa Mixer 1

Neraca Massa pada Mixer (M-210)			
Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar
	Arus 16	Arus 19	Arus 20
Asam Oleat	0.00	0.00	0.00
n-Butanol	0.03	0.00	0.00
Asam Sulfat	0.00	0.00	0.00
Air	0.00	0.00	0.00
Asam Palmitat	0.00	0.00	0.00
Butil Oleat	0.00	0.00	0.00
n-heksana	19701.48	100.00	19801.52
Subtotal	19701.51	100.00	19801.52
Total	19801.52		19801.52

4.3.4 Neraca Massa Mixer ke 2

Tabel 4.5 Neraca Massa Mixer 2

Neraca Massa pada Mixer (M-209)			
Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar
	Arus 2	Arus 3	Arus 4

Asam Oleat	0.00	0.00	0.00
n-Butanol	1367.07	0.00	1367.07
Asam Sulfat	0.00	1753.77	1753.77
Air	236.61	35.94	272.56
Asam Palmitat	0.00	0.00	0.00
Butil Oleat	0.00	0.00	0.00
Subtotal	1603.68	1789.71	3393.40
Total	3393.40		3393.40

4.3.5 Neraca Massa Dekanter

Tabel 4.6 Neraca Massa Dekanter

Neraca Massa pada Dekanter (D-302)			
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar	
	Arus 13	Arus 15	Arus 16
Asam Oleat	0.00	0.00	0.00
n-Butanol	0.03	0.00	0.03
Asam Sulfat	0.00	0.00	0.00
Air	214.76	214.76	0.00
Asam Palmitat	0.00	0.00	0.00
Butil Oleat	0.00	0.00	0.00
n-heksana	19701.66	0.19	19701.48
Subtotal	19916.46	214.95	19701.51
Total	19916.46	19916.46	

4.3.6 Neraca Massa Menara Distilasi ke 1

Tabel 4.7 Neraca Massa Menara Distilasi 1

Neraca Massa pada Menara Distilasi 1 (MD-01)			
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
Asam Oleat	219.76	217.56	2.20
n-Butanol	3455.81	3421.25	34.56
Asam Sulfat	9.06	8.97	0.09
Air	216.93	214.76	2.17
Asam Palmitat	37.08	36.71	0.37
Butil Oleat	4702.05	47.02	4655.03
n-heksana	19900.67	19701.66	199.01
Subtotal	28541.37	23647.94	4893.43
Total	28541.37	28541.37	

4.3.7 Neraca Massa Menara Distilasi ke 2

Tabel 4.8 Neraca Massa Menara Distilasi 2

Neraca Massa pada Menara Distilasi 2 (MD-02)			
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar	
	Arus 11	Arus 13	Arus 14
Asam Oleat	217.56	0.00	217.56
n-Butanol	3421.25	0.03	3421.22
Asam Sulfat	8.97	0.00	8.97
Air	214.76	214.76	0.00
Asam Palmitat	36.71	0.00	36.71
Butil Oleat	47.02	0.00	47.02
n-heksana	19701.66	19701.66	0.00
Subtotal	23647.94	19916.46	3731.48

Total	23647.94	23647.94
--------------	----------	----------

4.3.8 Neraca Massa Purging

Tabel 4.9 Neraca Massa Purging

Neraca Massa pada Purge (PRG-211)			
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar	
	Arus 13	Arus 17	Arus 18
Asam Oleat	217.56	21.76	195.81
n-Butanol	3421.22	251.79	3169.42
Asam Sulfat	8.97	0.90	8.07
Air	0.00	0.00	0.00
Asam Palmitat	36.71	3.67	33.04
Butil Oleat	47.02	4.70	42.32
n-heksana	0.00	0.00	0.00
Subtotal	3731.48	282.82	3448.66
Total	3731.48	3731.48	

4.4 Neraca Panas Per Alat

4.4.1 Neraca Panas Menara Distilasi 1

Tabel 4.8 Neraca Panas MD-01

Panas Masuk (kJ)		Panas Keluar (kJ)	
Qf	5083980.0162	Qd	1524673.5200
Qrb	5877588.7564	Qb	2918083.3134
	-	Qcd	6518811.9392
Total	10961568.7726	Total	10961568.7726

4.4.2 Neraca Panas Reboiler 1

Tabel 4.9 Neraca Panas RB-01

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	1451036.149	-
Qout	-	1458457.855
Q Pemanas	7421.706205	-
total	1458457.855	1458457.855

4.4.3 Neraca Panas Kondensor 1

Tabel 4.10 Neraca Panas CD-01

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	18256046.312	-
Qout	-	18016494.725
Q Pendingin	-	239551.588
total	18256046.31	18256046.31

4.4.4 Neraca Panas Menara Distilasi 2

Tabel 4.11 Neraca Panas MD-02

Panas Masuk (kJ)		Panas Keluar (kJ)	
Qf	428600.7961	Qd	445287.7231
Qrb	1078466.0449	Qb	563163.8640
	-	Qcd	498615.2539
Total	1507066.8410	Total	1507066.8410

4.4.5 Neraca Panas Reboiler 2

Tabel 4.12 Neraca Panas RB-02

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	757702.005	-
Qout	-	767283.038
Q Pemanas	9581.033	-
total	767283.038	767283.038

4.4.6 Neraca Panas Kondensor 2

Tabel 4.13 Neraca Panas CD-02

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	11453388.642	-
Qout	-	11146607.420
Q Pendingin	-	306781.222
total	11453388.64	11453388.64

4.4.7 Neraca Panas Ekstraktor

Tabel 4.14 Neraca Panas Ekstraktor

Keterangan	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q Masuk dr reaktor	82764169.66	0.00
Q Masuk dr solvent	61602544.72	0.00
Q Keluar dr reaktor	0.00	289969982.79
Q Keluar dr solvent	0.00	2265318.18
Q diambil	147868586.58	-
Total	292235300.97	292235300.97

4.4.8 Neraca Panas Esterifikasi 1 (R-01)

Tabel 4.15 Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	3391.24	1.36
n-Butanol	15485.15	158.23
Air	102.34	661.31
Asam sulfat	67.19	20.14
Asam Palmitat	35.17	0.47
Butil Oleat	0.00	44.59
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	17355.92
Total	19081.09	19081.09

4.4.9 Neraca Panas Esterifikasi 2 (R-02)

Tabel 4.16 Neraca Panas Reaktor 2

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	669.52	1.36
n-Butanol	12128.88	158.23
Air	663.35	661.31
Asam sulfat	17.24	20.14
Asam Palmitat	30.10	0.47
Butil Oleat	0.00	44.59
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	11783.91
Total	13509.09	13509.09

4.4.10 Neraca Panas Esterifikasi 3 (R-03)

Tabel 4.17 Neraca Panas Reaktor 3

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	291.00	2.62
n-Butanol	11954.33	158.81
Air	661.99	661.65
Asam sulfat	19.17	19.65
Asam Palmitat	33.48	0.46
Butil Oleat	0.00	43.52
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	11234.17
Total	12959.97	12959.97

4.4.11 Neraca Panas Esterifikasi 4 (R-04)

Tabel 4.18 Neraca Panas Reaktor 4

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	196.37	1.36
n-Butanol	11910.70	158.23
Air	661.65	661.31
Asam sulfat	19.65	20.14
Asam Palmitat	34.32	0.47
Butil Oleat	0.00	44.59
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	11097.51
Total	12822.69	12822.69

4.4.12 Neraca Panas *Cooler 01 (C-301)*

Tabel 4.19 Neraca Panas C-301

Q	Q in(kJ)	Q out (kJ)
Qin	2260218.23	-
Qout	-	401414.76
Qw-in	150681.22	-
Qw-out	-	2009484.69
Total	2410899.45	2410899.45

4.4.13 Neraca Panas *Cooler 02 (C-302)*

Tabel 4.20 Neraca Panas C-302

Q	Q in(kJ)	Q out (kJ)
Qin	20590393.54	-
Qout	-	298411.50
Qw-in	298411.50	-
Qw-out	-	20590393.54
Total	20888805.04	20888805.04

4.4.14 Neraca Panas *Cooler 03 (C-303)*

Tabel 4.21 Neraca Panas C-303

Q	Qin(kJ)	Qout (kJ)
Qin	1524673.52	
Qout		810585.92
Qw-in	96498.32	
Qw-out		810585.92
Total	1621171.84	1621171.84

4.4.15 Neraca Panas *Cooler 04* (C-304)

Tabel 4.22 Neraca Panas C-304

Q	Q in(kJ)	Q out (kJ)
Qin	1884489.39	-
Qout	-	247959.13
Qw-in	247959.13	-
Qw-out	-	1884489.39
Total	2132448.52	2132448.52

4.4.16 Neraca Panas *Heater 01* (H-301)

Tabel 4.23 Neraca Panas H-301

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	48794.805	-
Qout	-	753411.702
Q Pemanas	704616.897	-
total	753411.702	753411.702

4.4.17 Neraca Panas *Heater 02* (H-302)

Tabel 4.24 Neraca Panas H-302

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	53790.833	-
Qout	-	814416.250
Q Pemanas	760625.416	-
total	814416.250	814416.250

4.4.18 Neraca Panas *Heater* 03 (H-303)

Tabel 4.25 Neraca Panas H-303

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	159412.568	-
Qout	-	1428098.231
Q Pemanas	1268685.663	-
total	1428098.231	1428098.231

4.4.19 Neraca Panas *Heater* 04 (H-304)

Tabel 4.26 Neraca Panas H-304

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	152880.530	-
Qout	-	1428098.231
Q Pemanas	1275217.702	-
total	1428098.231	1428098.231

4.4.20 Neraca Panas *Heater* 05 (H-305)

Tabel 4.27 Neraca Panas H-305

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin	147096.035	-
Qout	-	1428098.231
Q Pemanas	1281002.196	-
total	1428098.231	1428098.231

4.4.21 Neraca Panas *Heater 06 (H-306)*

Tabel 4.28 Neraca Panas H-306

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _{in}	9067993.589	-
Q _{out}	-	15602664.705
Q Pemanas	6534671.116	-
total	15602664.705	15602664.705

5.1 Spesifikasi Alat

5.1.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 5.1 Spesifikasi Alat Reaktor Esterifikasi

Spesifikasi Umum Reaktor		
Kode	:	R-01, R-02, R-03, R-04
Fungsi	:	esterifikasi asam oleat dan butanol dengan katalis asam sulfat menjadi butil oleat
Jenis	:	CSTR (<i>Continues Stirred Tank Reactor</i>)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	4
Harga (Rp)	:	Rp 5.667.302.400
Mode Operasi		
Suhu (°C)	:	100
Tekanan (atm)	:	1
Volume (m ³)	:	1,21
Material dan Konstruksi	:	<i>Stainless Steels SA 316 Grade SA 167</i>

Jenis Head	:	<i>Torispherical head dished</i>
Dimensi Reaktor		
<i>Shell</i>		
Diameter (m)	:	1,15
Tebal (in)	:	0,126
Tinggi (m)	:	1,15
Head		
Tebal (in)	:	0,129
Volume (m ³)	:	0,135
Tinggi (m)	:	0,23
Pengaduk		
Jenis Impeller	:	<i>6 flat blades</i>
Diameter Impeller (m)	:	0,43
Tinggi Cairan (m)	:	1,003
Ketinggian Impeller dari Dasar (m)	:	0,087
Lebar impeller (m)	:	0,109
Jumlah impeller (buah)	:	1
Jumlah baffle (buah)	:	4
Lebar baffle (m)	:	0,08
Tebal baffle (m)	:	0,09
Kecepatan pengadukan (rpm)	:	39
Power Pengadukan (Hp)	:	7,5

5.1.2 Spesifikasi Mixer 1

Tabel 5.2 Spesifikasi Alat Mixer

Spesifikasi Umum Mixer		
Kode	:	M-210
Fungsi	:	Mencampurkan n-heksana dari feed dan recycle untuk dialirkan ke ekstraktor
Jenis	:	Mixer berupa silinder vertikal dengan alas standard head dan tutup flat head serta pengaduk propeller dengan 3 blades
Kapasitas (m ³)	:	30.6
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 31.610.959.380
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	40
Tekanan Hidrostatik (psi)	:	4.91
Tekanan Operasi (psi)	:	19.61
Jenis Bottom	:	<i>Standard Head</i>
Material dan Konstruksi	:	<i>Stainless Steels SA 316 Grade SA 167</i>
Jenis Head	:	<i>Flat Head</i>
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	3.391
Tinggi Tangki (m)	:	6.782
Tebal shell (in)	:	0.1995
Diameter pengaduk (m)	:	1.447
Kecepatan pengaduk (rpm)	:	644
Tenaga Pengaduk (HP)	:	32
Tebal Jacket (in)	:	0.200
Diameter dalam Jacket (m)	:	1.607

5.1.3 Spesifikasi Mixer 2

Tabel 5.3 Spesifikasi Alat Mixer

Spesifikasi Umum Mixer		
Kode	:	M-220
Fungsi	:	Mencampurkan asam sulfat dengan reaktan berupa butanol untuk dialirkan ke reaktor
Jenis	:	Mixer berupa silinder vertikal dengan alas standard head dan tutup flat head serta pengaduk propeller dengan 3 blades
Kapasitas (m ³)	:	4.91
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 5.268.493.230
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	30
Tekanan Hidrostatik (psi)	:	2.5
Tekanan Operasi (psi)	:	17.2
Jenis Bottom	:	<i>Standard Head</i>
Material dan Konstruksi	:	<i>Stainless Steels SA 316 Grade SA 167</i>
Jenis Head	:	<i>Flat Head</i>
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	1.84
Tinggi Tangki (m)	:	3.69
Tebal shell (in)	:	0.16
Diameter pengaduk (m)	:	0.79
Kecepatan pengaduk (rpm)	:	354
Tenaga Pengaduk (HP)	:	31

Tebal Jacket (in)	:	0.19
Diameter dalam Jacket (m)	:	1.61

5.1.4 Spesifikasi Alat Pemisah

a. Ekstraktor

Tabel 5.4 Spesifikasi alat Ekstraktor

Spesifikasi Umum Ekstraktor		
Kode	:	E-301
Fungsi	:	Untuk memisahkan asam sulfat dari komponen yang keluar dari reaktor
Jenis	:	<i>Packed Column</i>
Tekanan (atm)	:	1
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 13.256.631.431
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	63
Pelarut	:	N-Hexane
Kecepatan Alir Volumetrik (liter/jam)	:	51179.37
Volume (m ³)	:	51.2
Kondisi <i>Thermal</i>	:	adiabatik
Material dan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 240 Grade A</i>
Jenis <i>Head</i>	:	<i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>
Jumlah <i>Stage</i>	:	20
Suhu Top <i>Stage</i> (°C)	:	38
Suhu Bottom <i>Stage</i> (°C)	:	73
Waktu Tinggal (jam)	:	1.2

<i>Mechanical Design</i>		
Diameter Kolom (m)	:	0.995
Tebal Shell (in)	:	0.519
Tinggi Tangki (m)	:	35.08
Diameter Tangki (m)	:	4.28
<i>Head</i>		
Tebal Head (in)	:	0.51
Tinggi Head (m)	:	0.66
<i>Packed</i>		
Jenis	:	<i>Rasching Rigs</i>
Ukuran Packed (in)	:	3
Bulk Density (kg/m ³)	:	561

b. Menara Distilasi 1

Tabel 5.5 Spesifikasi alat Menara Distilasi 1

Spesifikasi Umum Menara Distilasi 1		
Kode	:	MD-01
Fungsi	:	Memurnikan Butil Oleat sebagai produk dari komponen yang lain
Jenis	:	<i>Tray Distillation Columns</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 18.392.129.228
Kondisi Operasi		
Umpan		
Suhu (°C)	:	106
Tekanan (atm)	:	1
Distilat		
Suhu (°C)	:	104
Tekanan (atm)	:	1
<i>Bottom</i>		

Suhu (°C)	:	370
Tekanan (atm)	:	1
Spesifikasi Alat		
<i>Shell</i>		
Diameter Dalam (m)	:	1.699
Tebal (m)	:	0.004
Tinggi (m)	:	56.46
<i>Head</i>		
Jenis	:	<i>Torispherical (spherically dished) head</i>
Tebal (m)	:	0.034
Material	:	<i>Stainless steel 304 (SA-240)</i>
Tipe Menara Tray		
Jenis Tray	:	<i>Sieve Tray</i>
<i>Feed Plate</i>	:	81
Jumlah Plate Actual	:	140
<i>Holes Pitch (m)</i>	:	0.033
Diameter Hole (m)	:	0.011
<i>Tray Spacing (m)</i>	:	0.45
Efisiensi Tray	:	88%
Jumlah Lubang (buah)	:	619
<i>Minimum Reflux Ratio</i>	:	2.23
<i>Actual Reflux Ratio</i>	:	2.59

c. Menara Distilasi 2

Tabel 5.6 Spesifikasi alat Menara Distilasi 2

Spesifikasi Umum Menara Distilasi 2		
Kode	:	MD-02
Fungsi	:	Untuk memisahkan komponen air dan n-heksana dengan komponen lain

		yang memiliki titik didih lebih tinggi
Jenis	:	<i>Tray Distillation Columns</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 6.069.397.283
Kondisi Operasi		
Umpan		
Suhu (°C)	:	67
Tekanan (atm)	:	1
Distilat		
Suhu (°C)	:	63
Tekanan (atm)	:	1
<i>Bottom</i>		
Suhu (°C)	:	108
Tekanan (atm)	:	1
Spesifikasi Alat		
<i>Shell</i>		
Diameter Dalam (m)	:	1.13
Tebal (m)	:	0.004
Tinggi (m)	:	9.57
<i>Head</i>		
Jenis	:	<i>Torispherical (spherically dished) head</i>
Tebal (m)	:	0.032
Material	:	<i>Stainless steel 304 (SA-240)</i>
Tipe Menara Tray		
Jenis Tray	:	<i>Sieve Tray</i>
<i>Feed Plate</i>	:	24
Jumlah Plate Actual	:	42
<i>Holes Pitch</i>	:	0.033
Diameter Hole (m)	:	0.011

<i>Tray Spacing (m)</i>	:	0.5
Efisiensi Tray		72%
Jumlah Lubang (buah)	:	435
<i>Minimum Reflux Ratio</i>	:	0.63
<i>Actual Reflux Ratio</i>	:	0.76

d. Dekanter

Tabel 5.7 Spesifikasi alat Dekanter

Spesifikasi Umum Dekanter		
Kode	:	D-302
Fungsi	:	Memisahkan fase ringan berupa n-heksana dengan fase berat berupa air yang berasal dari proses pemisahan dua cairan tidak saling larut
Jenis	:	<i>Horizontal Decanter</i>
Material Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 3.949.360.800
Mode Operasi		
Suhu (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Kecepatan volumetrik (m ³ /detik)	:	0.00683
Kelarutan n-heksana (mg/L)	:	9.5
Mechanical Design		
Diameter Dekanter (m)	:	3.40
Tinggi Dekanter (m)	:	6.79
Tebal Head Dekanter (in)	:	0.25

Tebal Dinding Dekanter (m)	:	0.25
Volume Dekanter (m ³)	:	24.58
Waktu Tinggal (menit)	:	75

5.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

5.2.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Oleat

Tabel. 5.8 Tangki Penyimpanan Asam Oleat

Spesifikasi Umum Tangki Penyimpanan		
Kode	:	T-01
Fungsi	:	Menyimpan kebutuhan Asam Oleat
Tipe	:	<i>Vertical Cylinder Tank, Flat bottom, kerucut (conical roof)</i>
Material Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)		30
Fase Komponen		Cair
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 3.749.708.800
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	24
Tinggi Tangki (m)	:	9.3
Kapasitas Tangki (m ³)	:	3768
<i>Course Plate</i>	:	5
<i>Head and Bottom</i>		
Tebal Head (in)	:	0.77
Tebal Bottom (in)	:	3.5

5.2.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Butanol

Tabel. 5.9 Tangki Penyimpanan Butanol

Spesifikasi Umum Tangki Penyimpanan		
Kode	:	T-02
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku berupa butanol
Tipe	:	<i>Vertical Cylinder Tank, Flat bottom, kerucut (conical roof)</i>
Material Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)		7
Fase Komponen		Cair
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 1.579.432.800
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	11
Tinggi Tangki (m)	:	4,09
Kapasitas Tangki (m ³)	:	319
<i>Course Plate</i>	:	3
<i>Head and Bottom</i>		
Tebal <i>Head</i> (in)	:	0,375
Tebal <i>Bottom</i> (in)	:	1,7

5.2.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat

Tabel. 5.10 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat

Spesifikasi Umum Tangki Penyimpanan		
Kode	:	T-03
Fungsi	:	Menyimpan kebutuhan asam sulfat
Tipe	:	<i>Vertical Cylinder Tank, Flat bottom, conical roof</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-240 type 316 grade A</i>
Lama Penyimpanan (hari)		7
Fase Komponen		Cair
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 4.697.038.400
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	5,5
Tinggi Tangki (m)	:	10,9
Kapasitas Tangki (m ³)	:	217
<i>Course Plate</i>	:	2
<i>Head and Bottom</i>		
Tebal <i>Head</i> (in)	:	0,332
Tebal <i>Bottom</i> (in)	:	1,677

5.2.4 Spesifikasi Tangki Penyimpanan N-Heksana

Tabel. 5.11 Tangki Penyimpanan N-Heksana

Spesifikasi Umum Tangki Penyimpanan		
Kode	:	T-04
Fungsi	:	Menyimpan kebutuhan N-Heksana
Tipe	:	<i>Vertical Silinder Tank, Flat bottom, conical</i>
Material Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)		30
Fase Komponen		Cair
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 1.041.402.400
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	40
Tekanan (atm)	:	1
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	5.3
Tinggi Tangki (m)	:	6.4
Kapasitas Tangki (m ³)	:	97
<i>Course Plate</i>	:	2
<i>Head and Bottom</i>		
Tebal Head (in)	:	0.216
Tebal Bottom (in)	:	0.856

5.2.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Butil Oleat

Tabel. 5.12 Tangki Penyimpanan Butil Oleat

Spesifikasi Umum Tangki Penyimpanan		
Kode	:	T-05

Fungsi	:	Menyimpan produk utama berupa Butil Oleat
Tipe	:	<i>Vertical Cylinder Tank, Flat bottom, conical</i>
Material Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)		30
Fase Komponen		Cair
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 4.038.528.800
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Mechanical Design		
Diameter Tangki (m)	:	27
Tinggi Tangki (m)	:	10
Kapasitas Tangki (m³)	:	4657
<i>Course Plate</i>	:	6
<i>Head and Bottom</i>		
Tebal Head (in)	:	0.67
Tebal Bottom (in)	:	4.391

5.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas

5.3.1 Reboiler 1

Tabel. 5.13 Spesifikasi Reboiler 1

Spesifikasi Umum Reboiler 1		
Kode	:	RB-01
Fungsi	:	Menguapkan sebagian hasil bawah MD-01
Jenis Heat Exchanger	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>

Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah (unit)	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 288.085.000
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	390
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	390
Media Pemanas	:	<i>Saturated steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	16.4
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	370
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	371
Tekanan (atm)	:	1
Spesifikasi Alat		
Rd	:	0.00045
A (m ²)	:	7.1
Panjang Alat (m)	:	6.096
<i>Annulus (Cold Fluid)</i>		
IPS (in)	:	3
OD (in)	:	3.5
ID (in)	:	3.068
Surface Area (ft ² /ft)	:	0.804
<i>Pressure Drop (psi)</i>	:	0.079
<i>Inner Pipe (Hot Fluid)</i>		
IPS (in)	:	2
OD (in)	:	2.38
ID (in)	:	2.067
Surface Area (ft ² /ft)	:	0.542
<i>Pressure Drop (psi)</i>	:	4.37E-07

5.3.2 Kondensor 1

Tabel 5.14 Spesifikasi Kondensor 1

Spesifikasi Umum Kondensor 1		
Kode	:	CD-01
Fungsi	:	Mengkondensasikan hasil atas dari menara distilasi
Jenis Heat Exchanger	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah (unit)	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 1.919.469.200
Kondisi Operasi		
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	30
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	55
Media Pemanas	:	<i>water</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	2294.7
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	104
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	103
Tekanan (atm)	:	1
Spesifikasi Alat		
Rd	:	0.063
A (m ²)	:	7.01
Panjang Alat (m)	:	6.096
<i>Annulus (Cold Fluid)</i>		
IPS (in)	:	4
OD (in)	:	4.5
ID (in)	:	4.026
Surface Area (ft ² /ft)	:	1.055

<i>Pressure Drop (psi)</i>	:	0.564
<i>Inner Pipe (Hot Fluid)</i>		
IPS (in)	:	3
OD (in)	:	3.5
ID (in)	:	3.068
Surface Area (ft ² /ft)	:	0.804
<i>Pressure Drop (psi)</i>	:	31.01

5.3.4 Reboiler 2

Tabel 5.16 Spesifikasi Reboiler 2

Spesifikasi Umum Reboiler 2		
Kode	:	RB-02
Fungsi	:	Menguapkan sebagian hasil bawah MD-02
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 302.900.800
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	4.3
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	108
Suhu Masuk, T2 (°C)	:	109
Tekanan (atm)	:	1

Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.07
A (m ²)	:	0.73
<i>Annulus (Cold Fluid)</i>		
IPS (in)	:	3
OD (in)	:	3.5
ID (in)	:	3.068
Surface Area (ft ² /ft)	:	0.804
<i>Pressure Drop (psi)</i>	:	0.105
<i>Inner Pipe (Hot Fluid)</i>		
IPS (in)	:	2
OD (in)	:	2.38
ID (in)	:	2.067
Surface Area (ft ² /ft)	:	0.542
<i>Pressure Drop (psi)</i>	:	6.58E-08

5.3.5 Kondensor 2

Tabel 5.17 Spesifikasi Kondensor 2

Spesifikasi Umum Kondensor 2		
Kode	:	CD-202
Fungsi	:	Mengkondensasikan hasil atas dari MD-02
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 2.159.814.400
Kondisi Operasi		

Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	25
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	50
Tekanan (atm)	:	1
Media Pendingin	:	<i>Water</i>
Massa Pendingin (kg/jam)	:	2935.8
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	63
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	62
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.741
A (m ²)	:	588.7
<i>Shell</i>		
ID (in)	:	33
<i>Baffle space (ft)</i>	:	1.51
Passes		2
<i>Tube</i>		
<i>Number Tube</i>	:	863.2
<i>Length (in)</i>	:	16
OD (in)	:	0.75
BWG	:	18
Pitch (in ²)	:	1
Passes	:	4

5.3.7 Cooler - 301

Tabel 5.18 Spesifikasi Cooler - 301

Spesifikasi Umum Cooler - 301		
Kode	:	CL-301

Fungsi	:	mendinginkan hasil reaktor
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 2.258.586.400
Kondisi Operasi		
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	25
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Media Pendingin	:	<i>Water</i>
Massa Pendingin (kg/jam)	:	24762.9
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	68
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	38
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	3.89
A (m ²)	:	93.9
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	4
<i>Baffle space</i> (ft)	:	1.17
ID (in)	:	29
<i>Tube</i>		
<i>Number Tube</i>	:	138
<i>Length (in)</i>	:	12
OD (in)	:	1.5
BWG	:	18
Pitch (in ²)	:	1.875

Passes	:	6
--------	---	---

5.3.8 Cooler - 302

Tabel 5.19 Spesifikasi Cooler - 302

Spesifikasi Umum Cooler - 302		
Kode	:	CL-302
Fungsi	:	Mendinginkan butil oleat pada bottom MD-01
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 4.178.055.600
Kondisi Operasi		
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	25
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Media Pendingin	:	<i>Water</i>
Massa Pendingin (kg/jam)	:	268590.1
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	370
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	30
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.062
A (m ²)	:	300.1
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	2

<i>Baffle space (ft)</i>	:	1.51
ID (in)	:	33
<i>Tube</i>		
<i>Number Tube</i>	:	440
<i>Length (in)</i>	:	16
OD (in)	:	0.75
BWG	:	18
Pitch (in ²)	:	0.9375
Passes	:	1

5.3.9 Cooler - 303

Tabel 5.20 Spesifikasi Cooler - 303

Spesifikasi Umum Cooler - 303		
Kode	:	CL-303
Fungsi	:	Mendinginkan hasil atas MD-01
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 1.534.258.400
Kondisi Operasi		
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	25
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	40
Tekanan (atm)	:	1
Media Pendingin	:	<i>Water</i>
Massa Pendingin (kg/jam)	:	9451.9
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	103

Suhu Keluar, T2 (°C)	:	67
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.0456
A (m ²)	:	16.2
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	2
<i>Baffle space (ft)</i>	:	0.41
ID (in)	:	17.25
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	24
<i>Length (in)</i>	:	8
OD (in)	:	1.5
BWG	:	18
Pitch (in ²)	:	1.875
Passes	:	4

5.3.10 Cooler - 304

Tabel 5.21 Spesifikasi Cooler - 304

Spesifikasi Umum Cooler - 304		
Kode	:	CL-304
Fungsi	:	Mendinginkan hasil destilasi atas dari MD-02
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 2.653.674.400
Kondisi Operasi		

Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	25
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	30
Tekanan (atm)	:	1
Media Pendingin	:	<i>Water</i>
Massa Pendingin (kg/jam)	:	21181.8
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	63
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	30
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.017
A (m ²)	:	126.6
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	4
<i>Baffle space (ft)</i>	:	1.5
ID (in)	:	33
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	186
<i>Length (in)</i>	:	16
OD (in)	:	1.5
BWG	:	18
Pitch (in ²)	:	1.875
Passes	:	6

5.3.11 Heater - 301

Tabel 5.22 Spesifikasi Heater - 301

Spesifikasi Umum Heater - 301		
Kode	:	H-301

Fungsi	:	Memanaskan asam oleat untuk dialirkan ke reaktor cstr
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 204.128.800
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Tekanan (atm)	:	1
Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	289.9
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	30
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	100
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.0944
A (m ²)	:	13
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	8
<i>Baffle space (ft)</i>	:	0.8
ID (in)	:	10
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	33
<i>Length (in)</i>	:	8
OD (in)	:	1.5
BWG	:	14

Pitch (in ²)	:	2
Passes	:	4

5.3.11 Heater - 302

Tabel 5.23 Spesifikasi Heater - 302

Spesifikasi Umum Heater - 302		
Kode	:	H-302
Fungsi	:	Memanaskan campuran butanol dan asam sulfat dr mixer ke reaktor
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 204.128.800
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Tekanan (atm)	:	1
Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	316.02
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	30
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	100
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.1279

A (m ²)	:	14
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	2
<i>Baffle space (ft)</i>	:	1
ID (in)	:	13.25
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	35
<i>Length (in)</i>	:	8
OD (in)	:	1.25
BWG	:	14
Pitch (in ²)	:	1.5625
Passes	:	2

5.3.12 Heater - 303

Tabel 5.25 Spesifikasi Heater - 303

Spesifikasi Umum Heater - 303		
Kode	:	H-303
Fungsi	:	Memanaskan campuran dari reaktor 1 ke reaktor 2 agar tetap 100 C
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 274.915.400
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Tekanan (atm)	:	1

Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	523.99
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	34
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	100
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.0845
A (m ²)	:	25
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	2
<i>Baffle space (ft)</i>	:	1.3
ID (in)	:	17.25
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	61
<i>Length (in)</i>	:	8
OD (in)	:	1.25
BWG	:	14
Pitch (in ²)	:	1.5625
Passes	:	4

5.3.13 Heater - 304

Tabel 5.26 Spesifikasi Heater - 304

Spesifikasi Umum Heater - 304		
Kode	:	H-304
Fungsi	:	Memanaskan campuran dari reaktor 2 ke reaktor 3 agar tetap 100 C
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>

Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 274.915.400
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Tekanan (atm)	:	1
Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	526.69
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	33
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	100
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.0845
A (m ²)	:	25
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	2
<i>Baffle space (ft)</i>	:	1.3
ID (in)	:	17.25
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	61
<i>Length (in)</i>	:	8
OD (in)	:	1.25
BWG	:	14
Pitch (in ²)	:	1.5625
Passes	:	4

5.3.14 Heater - 305

Tabel 5.27 Spesifikasi Heater - 305

Spesifikasi Umum Heater - 305		
Kode	:	H-305
Fungsi	:	Memanaskan campuran dari reaktor 3 ke reaktor 4 agar tetap 100 C
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 230.468.000
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Tekanan (atm)	:	1
Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	528.55
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	33
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	100
Spesifikasi Alat		
Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.0821
A (m ²)	:	25
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	2
<i>Baffle space (ft)</i>	:	1.3
ID (in)	:	17.25
<i>Tube</i>		

<i>Number tube</i>	:	61
<i>Length (in)</i>	:	8
OD (in)	:	1.25
BWG	:	14
Pitch (in ²)	:	1.5625
Passes	:	4

5.3.15 Heater - 306

Tabel 5.24 Spesifikasi Heater - 306

Spesifikasi Umum Heater - 306		
Kode	:	H-306
Fungsi	:	Memanaskan hasil ekstraktor untuk dialirkan ke MD-01
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Material Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah	:	1
Harga (Rp)	:	Rp 938.334.000
Kondisi Operasi		
Fluida Panas		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	120
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	120
Tekanan (atm)	:	1
Media Pemanas	:	<i>Saturated Steam</i>
Massa Pemanas (kg/jam)	:	2808.8
Fluida Dingin		
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	73
Suhu Keluar, T2 (°C)	:	106
Spesifikasi Alat		

Panjang (m)	:	6.096
Rd	:	0.0188
A (m^2)	:	211
<i>Shell</i>		
Jumlah Pass	:	8
<i>Baffle space (ft)</i>	:	2.0
ID (in)	:	27
<i>Tube</i>		
<i>Number tube</i>	:	520
<i>Length (in)</i>	:	12
OD (in)	:	0.75
BWG	:	14
Pitch (in^2)	:	0.9375
Passes	:	8

5.4 Spesifikasi Alat Transportasi Cair

5.4.1 Alat Transportasi Cair

Tabel 5.28 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-201	P-202	P-203
Fungsi	Mengalirkan asam oleat dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor CSTR	Mengalirkan butanol dari tangki penyimpanan (T-02) menuju mixer 2	Mengalirkan asam sulfat dari tangki penyimpanan (T-03) menuju mixer 2
Kecepatan Volumetrik (m^3 / jam)	3,82	1,96	0,98
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pump</i>		
Ukuran Pipa			

ID (in)	1,61	1,28	0,96
OD (in)	1,9	1,66	1,32
Sch No.	40	40	40
<i>Total head</i> (m)	6,5	5,7	6,2
NPSHa (m)	8,25	9	8,6
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%
Daya Motor (HP)	2	2	2

Tabel 5.29 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-204	P-205	P-206
Fungsi	Mengalirkan n-heksana dari tangki penyimpanan (T-04) menuju mixer 1	Mengalirkan campuran asam sulfat dengan butanol dari mixer 2 menuju reaktor CSTR	Mengalirkan asam oleat dari heater 302 menuju Reaktor CSTR 1
Kecepatan Volumetrik (m^3 /jam)	0,2	3,43	4,78
Jenis Pompa	Centrifugal pump		
Ukuran Pipa			
ID (in)	0,36	1,5	1,939
OD (in)	0,54	1,9	2,38
Sch No.	40	40	40
Total head (m)	16,9	7,93	5,5
NPSHa (m)	2,2	6,9	9,3
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%

Daya Motor (HP)	0,05	2	2
-----------------	------	---	---

Tabel 5.30 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-207	P-208	P-209
Fungsi	Mengalirkan komponen reaksi dari reaktor cstr 1 menuju heater-303	Mengalirkan komponen reaksi dari heater-303 menuju reaktor cstr 2	Mengalirkan komponen reaksi dari reaktor cstr 2 menuju heater-304
Kecepatan Volumetrik (m^3/jam)	11,75	12,5	11,5
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>		
Ukuran Pipa			
ID (in)	2,9	2,9	2,9
OD (in)	3,5	3,5	3,5
Sch No.	40	40	40
<i>Total head</i> (m)	5	5,3	4,9
NPSHa (m)	9,8	9,5	9,9
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	83%	83%	83%
Daya Motor (HP)	5	5	5

Tabel 5.31 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-210	P-211	P-212
Fungsi	Mengalirkan komponen reaksi dari reaktor cstr 3 menuju heater-304	Mengalirkan keluaran dari Reaktor CSTR menuju Ekstraktor	Mengalirkan komponen produk ke MD 1

Kecepatan Volumetrik (m^3/jam)	11,5	12,5	42,4
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>		
Ukuran Pipa			
ID (in)	2,9	2,9	4,026
OD (in)	3,5	3,5	4,5
Sch No.	40	40	40
<i>Total head</i> (m)	4,9	3,6	8,3
NPSHa (m)	9,92	11,25	6,5
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	83%	80%	85%
Daya Motor (HP)	5	2	5

Tabel 5.32 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-213	P-214	P-215
Fungsi	Mengalirkan komponen (asam sulfat, air) dari ekstraktor ke UPL	Mengalirkan hasil ekstraktor dari heater-306 ke MD-01	Mengalirkan solvent n-heksana dari mixer 1 menuju ekstraktor
Kecepatan Volumetrik (m^3 / jam)	1,81	51,89	30,7
Jenis Pompa	Centrifugal pump		
Ukuran Pipa			
ID (in)	1,38	5,671	4,026
OD (in)	1,66	6,625	4,5
Sch No.	40	40	40

<i>Total head</i> (m)	5,2	4,4	6,5
NPSHa (m)	9,5	10,4	8,25
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	80%	84%	83%
Daya Motor (HP)	2	5	5

Tabel 5.33 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-216	P-217	P-218
Fungsi	Mengalirkan purging sebanyak 10% dari total komponen yang mengalir	Mengalirkan destilasi MD-01 ke cooler-303	Mengalirkan keluaran bottom MD-01 ke cooler-302
Kecepatan Volumetrik (m^3 /jam)	4,63	47,1	38,8
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>		
Ukuran Pipa			
ID (in)	1,61	5,761	5,761
OD (in)	1,9	6,625	6,625
Sch No.	40	40	40
<i>Total head</i> (m)	8,8	3,8	3,5
NPSHa (m)	6	10,9	11,28
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	81%	83%	82%
Daya Motor (HP)	2	5	5

Tabel 5.34 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-219	P-220	P-221
Fungsi	Mengalirkan keluaran bottom (produk) dari cooler-302 ke tangki penyimpanan (T-05)	Mengalirkan keluaran bottom dari MD-02 ke purging (PRG-211)	Mengalirkan sisa air dari dekanter ke UPL
Kecepatan Volumetrik (m^3 / jam)	34,7	5,07	0,12
Jenis Pompa	Centrifugal pump		
Ukuran Pipa			
ID (in)	5,761	1,939	0,423
OD (in)	6,625	2,38	0,675
Sch No.	40	40	40
Total head (m)	3,4	2,9	4,4
NPSHa (m)	11,42	11,8	10,4
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	82%	80%	80%
Daya Motor (HP)	5	2	0,05

Tabel 5.35 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-222	P-223	P-224
Fungsi	Mengalirkan n-heksana dari dekanter ke mixer 1	Mengalirkan destilasi dari cooler-304 ke decanter	Mengalirkan destilasi dari MD-02 ke cooler-304
Kecepatan Volumetrik (m^3/jam)	10,95	30,3	31,8

Jenis Pompa	Centrifugal pump		
Ukuran Pipa			
ID (in)	2,9	4,026	4,026
OD (in)	3,5	4,5	4,5
Sch No.	40	40	40
Total head (m)	2,8	6	6,4
NPSHa (m)	11,9	8,75	8,42
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	83%	84%	84%
Daya Motor (HP)	2	5	5

Tabel 5.36 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-225	P-226	P-227
Fungsi	Mengalirkan komponen reaksi dari heater-304 ke reaktor cstr 3	Mengalirkan komponen reaksi dari heater-305 ke reaktor cstr 4	Mengalirkan komponen reaksi dari cooler-301 ke ekstraktor
Kecepatan Volumetrik (m^3/jam)	12,2	11,7	10,4
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>		
Ukuran Pipa			
ID (in)	2,9	2,9	2,9
OD (in)	3,5	3,5	3,5
Sch No.	40	40	40
<i>Total head</i> (m)	2,8	2,8	4,3
NPSHa (m)	11,9	11,9	10,5
Daya Pompa			

Efisiensi Pompa	80%	80%	81%
Daya Motor (HP)	2	2	2

Tabel 5.37 Spesifikasi Alat Pompa

Spesifikasi	P-228
Fungsi	Mengalirkan destilasi dari cooler-303 ke MD-02
Kecepatan Volumetrik (m^3/jam)	35,7
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump</i>
Ukuran Pipa	
ID (in)	5,761
OD (in)	6,625
Sch No.	40
<i>Total head</i> (m)	3,5
NPSHa (m)	11,25
Daya Pompa	
Efisiensi Pompa	83%
Daya Motor (HP)	5

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik n-butil oleat perlu diperhatikan dengan seksama karena sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan operasional pabrik. Lokasi yang tepat akan memberikan keuntungan baik dari sisi teknis maupun ekonomi. Oleh karena itu, pabrik n-butil oleat dengan kapasitas produksi 38.000 ton per tahun, yang menggunakan bahan baku asam oleat dan n-butanol, direncanakan didirikan di kawasan industri Gresik, Jawa Timur. Penetapan lokasi ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Utama dalam Penentuan Lokasi Pabrik

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi keputusan pemilihan lokasi pabrik antara lain:

1. Lokasi Kedekatan dengan Pasar

Arah dan peluang pasar merupakan aspek penting, karena keberhasilan maupun kerugian suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh hasil pemasarannya. Oleh sebab itu, pabrik sebaiknya dibangun di wilayah dengan prospek pasar yang menjanjikan. Produk n-butil oleat memiliki permintaan tinggi di kalangan industri. Pemasaran n-butil oleat dari pabrik ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan domestik, terutama untuk memasok berbagai industri yang memanfaatkan n-butil oleat sebagai bahan baku pembuatan polimer. Produk n-butil oleat akan dipasarkan ke beberapa perusahaan dalam negeri seperti PT. Shin-Etsu Polymer Indonesia di Karawang serta PT. WMK (Polymer & Plastic Chemicals) Indonesia di Bandung. Oleh karena itu, keberadaan pabrik di lokasi yang berdekatan dengan

industri-industri tersebut akan memberikan keuntungan tersendiri. Selain itu, akses untuk ekspor juga lebih mudah karena kawasan industri Gresik berlokasi dekat dengan Pelabuhan Manyar.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi faktor krusial dalam kelancaran operasional pabrik, sebab jalannya produksi sepenuhnya bergantung pada pasokan bahan baku maupun fasilitas pelabuhan sebagai pintu masuk barang. Pada pembuatan n-butyl oleat, bahan baku utama yang digunakan adalah asam oleat, yang diimpor dari *Tianjin Fuyu Fine Chemical Co., Ltd.* di Tiongkok, serta n-butanol yang dipasok oleh *PT. Petro Oxo Nusantara* di Gresik. Distribusi bahan baku dilakukan melalui jalur laut untuk asam oleat dan jalur darat untuk n-butanol, kemudian keduanya diteruskan dengan transportasi darat hingga ke Kawasan Industri Gresik.

3. Fasilitas Transportasi

Aktivitas pembelian bahan baku maupun distribusi produk dapat dilakukan melalui jalur laut, darat, maupun udara. Kawasan Industri Gresik memiliki lokasi strategis di Jalan Tri Dharma III B1 A/3 Kawisanyar, Kebomas, Cerme, Jawa Timur. Untuk kegiatan ekspor dan impor melalui jalur laut, kawasan ini didukung oleh Pelabuhan Manyar yang berjarak sekitar 150 km. Selain itu, kawasan ini juga akan dilengkapi dengan pelabuhan internasional terintegrasi, yaitu Java Integrated Industrial Port Estate (JIPE). Kawasan Industri Gresik juga hanya berjarak sekitar 20 km dari Bandara Internasional Juanda Surabaya serta memiliki akses mudah melalui jalan tol Surabaya–Gresik.

4. Utilitas

Agar kegiatan produksi dapat berjalan lancar, ketersediaan sarana pendukung seperti air, listrik, dan fasilitas lainnya harus diperhatikan. Pasokan air diambil dari Sungai Bengawan Solo, yang sebelumnya diolah menggunakan unit utilitas sebelum digunakan untuk kebutuhan proses maupun kebutuhan lain, seperti kantor, laboratorium, kantin, tempat ibadah, dan poliklinik. Sumber utama listrik pabrik berasal dari PLN, dengan cadangan pasokan menggunakan generator berbahan bakar solar yang disuplai oleh Pertamina.

5. Tenaga Kerja

Sumber daya manusia merupakan aspek penting dalam industri kimia. Kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi baik dari wilayah sekitar pabrik maupun dari luar daerah. Jumlah serta keterampilan pekerja harus disesuaikan dengan standar perusahaan. Selain itu, faktor-faktor seperti upah minimum regional, jam kerja, keberadaan industri lain di sekitar lokasi, variasi keterampilan, hingga tingkat pendidikan masyarakat juga perlu diperhatikan. Karena Gresik merupakan salah satu kawasan industri di Jawa Timur, ketersediaan tenaga kerja di wilayah ini relatif mudah didapatkan.

4.1.2 Faktor Sekunder dalam Penentuan Lokasi Pabrik

1. Potensi Perluasan Pabrik

Seiring meningkatnya kebutuhan di masa depan, aspek perluasan pabrik menjadi hal yang harus diperhitungkan. Kawasan industri Gresik telah memenuhi syarat kelayakan dari segi iklim, kondisi sosial, serta karakteristik lingkungan, sehingga tidak menimbulkan hambatan dalam pembangunan maupun keberlangsungan operasi pabrik.

2. Kebijakan Pemerintah

Dalam mendirikan pabrik, perlu diperhatikan faktor-faktor yang berkaitan dengan kebijakan pembangunan industri, termasuk hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, peningkatan kesejahteraan masyarakat, dan kontribusi terhadap hasil pembangunan. Selain itu, pabrik yang dibangun harus tetap berorientasi pada prinsip ramah lingkungan, sehingga keberadaannya tidak merusak ataupun mengganggu ekosistem sekitar.

3. Karakteristik Lokasi

Karakteristik lokasi berkaitan dengan kondisi iklim serta aspek sosial masyarakat di sekitarnya. Daerah sekitar lokasi pabrik tidak tergolong rawan banjir, dan iklimnya relatif stabil sebagaimana daerah lain di Indonesia, dengan musim kemarau pada paruh pertama tahun serta musim hujan pada paruh kedua tahun.

Perbedaan suhu yang terjadi pun relatif kecil. Dari sisi sosial, masyarakat diperkirakan akan mendukung pembangunan pabrik n-butyl oleat karena dapat membuka peluang kerja baru. Selain itu, keberadaan pabrik ini dipandang tidak akan mengancam keselamatan maupun keamanan warga sekitar. Dengan pertimbangan tersebut, Kawasan Industri Gresik dinilai layak dijadikan lokasi pendirian pabrik n-butyl oleat.



Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik

4. Kemasyarakatan

Dukungan masyarakat yang terbuka terhadap perkembangan industri serta tersedianya berbagai fasilitas umum yang menunjang kehidupan sosial menjadikan kawasan industri Gresik sebagai lokasi yang sesuai untuk pendirian pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik mencakup proses perencanaan serta pengaturan posisi mesin, peralatan, aliran material, dan tenaga kerja pada setiap area kerja yang tersedia. Penyusunan tata letak yang optimal merupakan dasar penting untuk menjadikan kegiatan operasional lebih efektif dan efisien. Secara umum,

perancangan seluruh fasilitas produksi diatur sedemikian rupa agar dapat mencapai: minimnya perpindahan material selama proses produksi, penggunaan lahan yang efisien, pola aliran produksi yang optimal, serta fleksibilitas untuk mengakomodasi kemungkinan perluasan di masa mendatang.

4.2.1 Layout Pabrik

Layout pabrik merupakan susunan bagian-bagian dalam pabrik yang mencakup area kerja karyawan, lokasi peralatan produksi, serta ruang penyimpanan bahan baku dan produk, dengan mempertimbangkan hubungan antarbagian tersebut. Tata letak harus dirancang seefisien mungkin agar pemanfaatan lahan optimal dan proses produksi dapat berjalan lancar. Dalam penyusunannya, penempatan peralatan produksi perlu diperhatikan supaya aspek keamanan, keselamatan, dan kenyamanan pekerja tetap terjaga. Selain fasilitas yang terdapat dalam diagram alir proses, terdapat pula bangunan penunjang lain seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, sistem pemadam kebakaran, pos keamanan, dan fasilitas pendukung lainnya. Semua fasilitas ini sebaiknya ditempatkan pada area yang tidak mengganggu arus barang, pengawasan, maupun aspek keamanan pabrik.

Hal-hal Umum yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik:

1. **Potensi Perluasan dan Penambahan Fasilitas**

Rencana perluasan pabrik harus dipertimbangkan sejak tahap awal agar tidak menimbulkan kendala lahan di kemudian hari. Oleh karena itu, area khusus sebaiknya disediakan untuk mengantisipasi pengembangan pabrik, penambahan peralatan guna meningkatkan kapasitas produksi, ataupun untuk memproses produk menjadi turunan lain.

2. **Aspek Keamanan**

Faktor keamanan terhadap potensi bahaya seperti kebakaran, ledakan, maupun paparan asap/gas beracun harus menjadi perhatian utama dalam penentuan

tata letak pabrik. Untuk itu, pemasangan peralatan pengaman perlu dilakukan secara tepat. Tangki penyimpanan bahan baku maupun produk berbahaya harus ditempatkan di lokasi khusus, dengan jarak tertentu antar bangunan, sehingga tercipta ruang yang cukup demi menjamin keselamatan.

3. Luas Area yang Tersedia

Penggunaan lahan harus disesuaikan dengan ketersediaan area. Apabila harga tanah cukup tinggi, maka diperlukan strategi efisiensi ruang, misalnya dengan menempatkan beberapa peralatan secara bertingkat atau mengatur tata letak lantai agar penggunaan lahan lebih hemat.

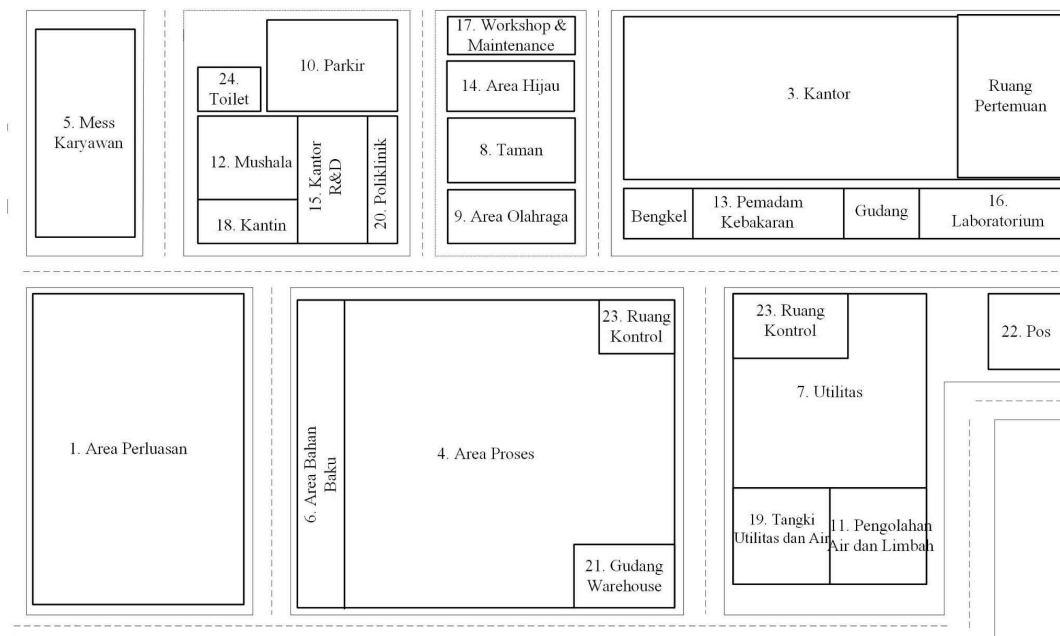
4. Instalasi dan Utilitas

Pengaturan serta distribusi yang tepat untuk gas, udara, uap, dan listrik sangat penting agar kegiatan operasional maupun perawatan lebih mudah dilakukan. Penempatan peralatan proses juga harus dirancang sedemikian rupa sehingga petugas dapat menjangkaunya dengan mudah, sekaligus menjamin kelancaran operasi serta kemudahan dalam pemeliharaan.

Tabel 5.38 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m2
1	Pos Security	22	15	330
2	Taman	75	30	2250
3	Parkir	52	30	1560
4	Area Olahraga	45	38	1710
5	Kantor & Ruang Pertemuan	135	52	7020
6	Kantor R & D	22	38	836
7	Mushala	45	22	990
8	Kantin	45	15	675
9	Laboratorium	38	22	836

10	10 Toilet	6	45	270
11	Poliklinik	15	38	570
12	Mess	45	60	2700
13	Area Hijau	12	75	900
14	Area Bahan Baku	38	60	2280
15	2 Ruang Kontrol	27	12	324
16	Pemadam Kebakaran	45	22	990
17	Area Proses	54	90	4860
18	Workshop & Maintenance	38	18	684
19	Area Pengolahan Limbah	34	30	1020
20	Area Perluasan Pabrik	150	150	22500
21	Tangki Utilitas & Air	22	30	660
22	Area Utilitas	60	38	2280
23	Jalan	450	22	9900
24	Gudang Warehouse	30	18	540
Luas Tanah				75692
Luas Bangunan				51632
Total		1505	970	936732



SKALA 1 : 1000

Gambar 4.2 Tata Letak Bangunan Pabrik

4.3 Tata Letak Peralatan Proses

Tata letak peralatan merupakan penempatan mesin dan fasilitas yang digunakan dalam proses produksi. Susunan peralatan proses harus direncanakan secara optimal agar jalannya produksi tetap lancar, karyawan merasa nyaman dalam bekerja, serta dapat meningkatkan motivasi dan produktivitas kerja. Dalam merancang tata letak peralatan di pabrik, terdapat beberapa aspek penting yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

1. Aliran bahan baku

Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang efisien akan memberikan manfaat ekonomi sekaligus mendukung kelancaran serta keamanan proses produksi. Penempatan pipa harus diperhatikan, idealnya berada pada ketinggian minimal 3 meter di atas permukaan tanah. Apabila

pipa ditempatkan di permukaan tanah, pengaturannya harus sedemikian rupa sehingga tidak menghambat mobilitas pekerja.

2. Lalu lintas alat berat

Jarak antar peralatan dan lebar jalur harus disesuaikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh unit proses dengan mudah dan cepat. Hal ini penting untuk mempermudah perbaikan apabila terjadi gangguan pada peralatan. Selain itu, aspek keselamatan kerja harus diutamakan karena lingkungan kerja yang aman dan nyaman akan berdampak positif terhadap motivasi serta produktivitas karyawan.

3. Aliran udara

Sirkulasi udara di dalam maupun sekitar area proses perlu diatur agar tetap lancar. Tujuannya adalah mencegah terjadinya penumpukan udara pada suatu titik yang berpotensi menimbulkan akumulasi bahan kimia berbahaya, sehingga dapat mengancam keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga harus menjadi pertimbangan dalam perancangannya.

4. Pencahayaan

Seluruh area pabrik harus memiliki penerangan yang cukup. Pada bagian proses yang berbahaya atau memiliki tingkat risiko tinggi, diperlukan pencahayaan tambahan untuk menjamin keamanan.

5. Lalu lintas dan kendaraan

Dalam merancang tata letak peralatan, penting untuk memastikan agar pekerja dapat menjangkau setiap unit proses dengan cepat dan mudah. Hal ini memudahkan perbaikan ketika terjadi gangguan serta menjamin keselamatan pekerja selama melaksanakan tugasnya.

6. Pertimbangan ekonomi

Penempatan peralatan di pabrik sebaiknya dirancang agar dapat

mengurangi biaya operasional, sekaligus mendukung kelancaran serta keamanan jalannya proses produksi. Dengan demikian, pengaturan tata letak dapat memberikan keuntungan dari sisi ekonomi.

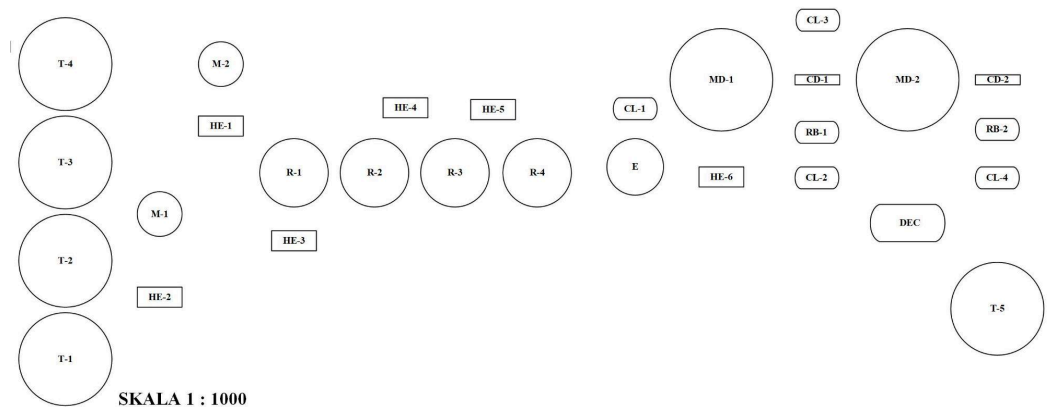
7. Jarak antar peralatan proses

Unit proses yang beroperasi pada tekanan dan suhu tinggi sebaiknya dipisahkan dari peralatan lainnya. Tujuannya untuk mengurangi risiko apabila terjadi ledakan atau kebakaran, sehingga tidak menimbulkan dampak pada peralatan di sekitarnya.

Rancangan tata letak peralatan proses perlu disusun dengan memperhatikan beberapa tujuan utama, antara lain:

- Menjamin kelancaran proses produksi.
- Mengoptimalkan pemanfaatan ruang lantai.
- Mengurangi biaya penanganan material sehingga dapat menekan pengeluaran modal yang tidak perlu.
- Meminimalkan kebutuhan alat transportasi internal yang mahal dengan alur proses produksi yang teratur.
- Menciptakan kepuasan kerja bagi karyawan, yang pada akhirnya meningkatkan semangat serta produktivitas kerja.

Apabila karyawan merasa puas dalam bekerja, semangat kerja mereka akan meningkat dan pada akhirnya berdampak pada peningkatan produktivitas.



Gambar 4. 3 Gambar Tata Letak Alat Proses dengan Skala 1:1000

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Struktur Organisasi

Salah satu aspek penting yang berperan dalam kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang diterapkan. Struktur ini memiliki keterkaitan erat dengan alur komunikasi, pembagian tanggung jawab, serta memberikan sejumlah manfaat, di antaranya:

1. Menjelaskan secara jelas batasan tugas, tanggung jawab, hak, serta wewenang.
2. Menjadi acuan bagi pejabat maupun calon investor dalam memahami organisasi.
3. Memastikan penempatan pegawai sesuai dengan kebutuhan perusahaan.
4. Mendukung penyusunan program dan pengembangan manajemen.
5. Mempermudah perbaikan serta penyesuaian prosedur kerja yang kurang efektif.

Terdapat beberapa bentuk struktur organisasi yang umum digunakan dalam perusahaan atau badan usaha, yaitu:

- a. Struktur organisasi lini

Struktur lini umumnya memiliki tiga fungsi pokok, yakni produksi, pemasaran, dan keuangan. Dalam struktur ini, rantai komando jelas dan mengalir dari atas ke bawah melalui jenjang manajerial. Setiap departemen melaksanakan fungsi utama perusahaan, di mana setiap individu hanya melapor kepada satu atasan. Dengan demikian, prinsip kesatuan komando dapat terjaga.

b. Struktur organisasi fungsional

Pada struktur ini, staf fungsional memiliki keterikatan erat dengan jalur lini. Apabila manajemen puncak memberikan kewenangan fungsional, maka staf tersebut berhak memberikan instruksi kepada unit lini yang terkait dengan bidang fungsinya.

c. Struktur organisasi line and staff

Dalam struktur organisasi line and staff, staf merupakan individu atau kelompok yang berperan memberikan masukan serta pelayanan kepada fungsi lini. Pegawai staf tidak secara langsung terlibat dalam aktivitas utama perusahaan, melainkan ditambahkan untuk mendukung departemen lini melalui saran dan pelayanan, sehingga tujuan organisasi dapat dicapai lebih efektif.

Agar sistem organisasi dapat berjalan dengan baik dan sesuai karakteristik perusahaan, terdapat sejumlah asas yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Perumusan tujuan perusahaan secara jelas.
2. Pendelegasian wewenang yang tepat.
3. Pembagian tugas kerja yang terstruktur.
4. Penerapan kesatuan komando dan tanggung jawab.
5. Sistem pengawasan terhadap pekerjaan yang dilaksanakan.
6. Fleksibilitas dalam struktur organisasi perusahaan.

Berdasarkan asas-asas tersebut, struktur organisasi line and staff dipilih karena alur kewenangannya lebih sederhana dan praktis dibanding sistem

fungsional. Setiap karyawan hanya memiliki satu atasan langsung, sehingga rantai komando lebih jelas. Untuk mendukung kelancaran produksi, dibentuk pula Staf Ahli yang terdiri dari tenaga profesional di bidangnya. Mereka memberikan masukan dan saran kepada level pengawas agar tujuan perusahaan dapat tercapai dengan lebih efektif. Seperti namanya, sistem line and staff melibatkan dua kelompok utama:

- a. Kelompok lini (line), yaitu pihak yang menjalankan fungsi pokok organisasi dalam upaya mencapai tujuan.

- b. Kelompok staf (staff), yaitu tenaga ahli yang memberikan masukan, pertimbangan, dan saran kepada unit operasional sesuai dengan keahlian yang dimilikinya.

Beberapa keuntungan dari penerapan organisasi line and staff antara lain:

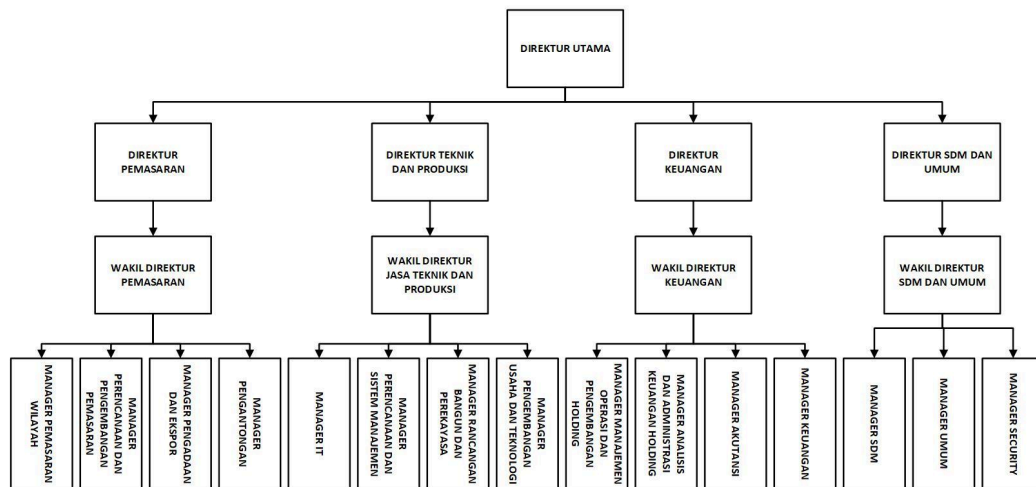
- a. Adanya pembagian tugas yang tegas antara kelompok lini yang menangani aktivitas utama dan kelompok staf yang berfungsi memberikan dukungan.

- b. Perbedaan kemampuan setiap anggota organisasi dapat dikembangkan menjadi bentuk spesialisasi.

- c. Koordinasi dalam masing-masing kelompok kerja maupun antar karyawan dapat dilakukan dengan lebih mudah.

- d. Prinsip “the right man in the right place, doing the right job at the right time” dapat diterapkan dengan lebih efektif.

Dalam pelaksanaannya, pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh dewan komisaris untuk menjalankan tugas pengawasan, sedangkan operasional perusahaan dijalankan oleh direktur bersama jajaran bawahannya. Struktur serta bagan organisasi ditunjukkan pada Gambar 4.4.1



Gambar 4.4 Struktur organisasi

4.4.2 Bentuk Perusahaan

Penting bagi seorang pengusaha untuk menentukan bentuk perusahaan yang akan didirikan, karena hal ini sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan dan kesuksesan perusahaan. Jika ditinjau dari segi badan hukum, jenis perusahaan dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk, yaitu:

- Perusahaan perseorangan, yaitu perusahaan yang modalnya berasal dari satu orang. Pemilik tunggal ini bertanggung jawab penuh atas perkembangan maupun kemunduran perusahaan.
- Persekutuan Firma, yaitu perusahaan yang didirikan dengan modal bersama dari dua orang atau lebih. Tanggung jawab diatur berdasarkan perjanjian, serta pendiriannya biasanya dibuat dengan akta notaris.
- Persekutuan Komanditer (CV/Commanditaire Venootschap), yaitu perusahaan yang terdiri dari dua pihak atau lebih, yang terbagi menjadi sekutu aktif (mengelola dan menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (hanya menyertakan modal serta bertanggung jawab sebatas modal yang ditanamkan).
- Perseroan Terbatas (PT), yaitu perusahaan yang memperoleh modal melalui penjualan saham. Setiap pemegang saham memiliki minimal satu lembar

saham, yang menunjukkan bahwa mereka telah menyetorkan modal ke perusahaan sekaligus memiliki bagian kepemilikan. Tanggung jawab pemegang saham terbatas pada jumlah modal atau saham yang dimilikinya.

Berdasarkan klasifikasi tersebut, pabrik n-Butil Oleat yang akan didirikan direncanakan berbentuk:

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Bidang produksi : Industri n-Butil Oleat

Kapasitas produksi : 38.000 ton per tahun

Sumber permodalan : Penjualan saham

Lokasi : Gresik, Jawa Timur

Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan pada sejumlah pertimbangan, antara lain:

1. Kemudahan memperoleh modal, karena penjualan saham menjadi sumber permodalan yang besar dan mudah dilakukan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran operasional ditangani langsung oleh manajemen perusahaan.
3. Pemilik dan pengelola perusahaan terpisah. Pemegang saham berperan sebagai pemilik modal, sedangkan pengelolaan dilakukan oleh direksi dan staf yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
4. Keberlangsungan perusahaan lebih terjamin, sebab tidak terpengaruh oleh mundurnya salah satu pemegang saham.
5. Kepemilikan saham dapat berpindah tangan dengan mudah melalui transaksi jual beli saham.
6. Efisiensi manajemen lebih terjaga karena pemegang saham dapat memilih Dewan Komisaris maupun manajer dari orang-orang yang ahli di bidangnya.
7. Akses tambahan modal relatif mudah didapat dengan jaminan aset

perusahaan untuk memperluas skala usaha.

8. Lingkup usaha lebih luas, sebab PT mampu menarik modal besar dari masyarakat, sehingga memungkinkan ekspansi usaha.

4.4.3 Pembagian Jam Kerja

Operasional pabrik direncanakan berlangsung 24 jam setiap hari secara terus-menerus selama 330 hari dalam setahun, dengan 35 hari per tahun dialokasikan untuk *turn around*. Sistem kerja dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- Pegawai non-shift
- Pegawai shift

a. Saat pabrik beroperasi

Kelompok pegawai non-shift :

Kelompok ini terdiri dari karyawan yang tidak terlibat langsung dalam proses produksi. Termasuk di dalamnya adalah pejabat mulai dari Kepala Seksi ke atas, staf seksi, serta seluruh karyawan bagian umum.

Adapun jadwal kerja untuk kelompok ini adalah sebagai berikut:

- Senin – Kamis : pukul 08.00 – 17.00 WIB, dengan waktu istirahat pukul 12.00 – 13.00 WIB.
- Jumat : pukul 07.00 – 17.00 WIB, dengan waktu istirahat pukul 11.30 – 13.30 WIB.
- Sabtu dan Minggu : libur.

Kelompok pegawai shift :

Kelompok ini terdiri atas tenaga kerja yang terlibat langsung dalam proses produksi. Mereka dibagi menjadi empat regu yang bekerja secara bergantian. Setiap shift berlangsung selama 8 jam per hari dengan sistem kerja 6 hari dalam seminggu. Pembagian jam kerja shift adalah sebagai berikut:

- Shift I : pukul 07.00 – 15.00 WIB
- Shift II : pukul 15.00 – 23.00 WIB
- Shift III : pukul 23.00 – 07.00 WIB

Karyawan yang masuk dalam sistem shift bekerja selama enam hari dengan pola dua hari pada shift pagi, dua hari pada shift sore, dan dua hari pada shift malam. Setelah itu, mereka mendapat libur selama dua hari. Tenaga kerja shift ini dibagi ke dalam empat kelompok: Kelompok I, II, III, dan IV. Rincian pembagian jadwal kerja antar kelompok tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.1. Untuk hari libur nasional, pegawai kantor diliburkan, sedangkan pegawai pabrik tetap bekerja sesuai jadwal. Bagi mereka, hari libur nasional dihitung sebagai lembur (*overtime*) dengan perhitungan gaji tersendiri.

Tabel 5.39 Jadwal kerja masing-masing per kelompok

Grup	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	P	P	S	S	M	M			P	P	S	S	M	M	
II	S	S	M	M			P	P	S	S	M	M			P
III	M	M			P	P	S	S	M	M			P	P	S
IV			P	P	S	S	M	M			P	P	S	S	M

Tabel 5.40 Jadwal kerja masing-masing per kelompok (lanjutan)

Grup	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I		P	P	S	S	M	M			P	P	S	S	M	M
II	P	S	S	M	M			P	P	S	S	M	M		
III	S	M	M			P	P	S	S	M	M			P	P

IV	M			P	P	S	S	M	M			P	P	S	S
----	---	--	--	---	---	---	---	---	---	--	--	---	---	---	---

4.4.4 Status Karyawan dan Sistem Upah

Sistem penggajian di pabrik ini bervariasi, menyesuaikan dengan status karyawan, tingkat pendidikan, serta keahlian yang dimiliki. Berdasarkan statusnya, karyawan dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Karyawan Tetap

Merupakan karyawan yang pengangkatan maupun pemberhentiannya ditetapkan melalui Surat Keputusan (SK) Direksi. Mereka menerima gaji bulanan sesuai dengan jabatan, kompetensi, dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan yang direkrut dan diberhentikan oleh direksi tanpa menggunakan SK. Upah diberikan berdasarkan jumlah hari kerja dan dibayarkan setiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang hanya dipekerjakan sesuai kebutuhan perusahaan. Mereka menerima upah berdasarkan sistem borongan untuk pekerjaan tertentu dalam jangka waktu yang ditentukan oleh kebijakan perusahaan.

4.4.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

4.4.5.1 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

Struktur penggolongan jabatan dalam perusahaan n-Butil Oleat ini ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 5.41 Penggolongan Jabatan

No	Jabatan	Pendidikan Minimum
1.	Direktur Utama	Sarjana
2.	Direktur Teknik dan Produksi	S-1 Teknik
3.	Direktur Keuangan dan Umum	S-1 Ekonomi
4.	Staff Ahli	S-1 (Umum)
5.	Ka. Bag Umum	S-1 (Umum)
6.	Ka. Bag. Pemasaran	S-1 Ekonomi
7.	Ka. Bag. Keuangan	S-1 Ekonomi
8.	Ka. Bag. Teknik	S-1 Teknik Mesin/Elektro
9.	Ka. Bag. Produksi	S-1 Teknik Kimia/Industri
10.	Ka. Bag. Litbang	S-1 Teknik Kimia
11.	Ka. Sek. Personalia	S-1 (Umum)
12.	Ka. Sek. Humas	S-1 (Umum)
13.	Ka. Sek. Keamanan	S-1 (Umum)
14.	Ka. Sek. Pembelian	S-1 Ekonomi
15.	Ka. Sek. Pemasaran	S-1 Ekonomi
16.	Ka. Sek. Administrasi	S-1 Ekonomi
17.	Ka. Sek. Kas/Anggaran	S-1 Ekonomi
18.	Ka. Sek. Proses	S-1 Teknik Kimia
19.	Ka. Sek. Pengendalian	S-1 Teknik Kimia
20.	Ka. Sek. Laboratorium	S-1 MIPA Kimia
21.	Ka. Sek. Utilitas	S-1 Teknik Kimia
22.	Ka. Sek. Pengembangan	S-1 Teknik Kimia

23.	Ka. Sek. Penelitian	S-1 Teknik Kimia
24.	Karyawan Personalia	STM/SMA
25.	Karyawan Humas	STM/SMA
26.	Karyawan Keamanan	STM/SMA
27.	Karyawan Pembelian	D-3 Ekonomi
28.	Karyawan Pemasaran	D-3 Ekonomi
29.	Karyawan Administrasi	D-3 Ekonomi
30.	Karyawan Kas/Anggaran	D-3 Ekonomi
31.	Karyawan Proses	SMK Analis
32.	Karyawan Pengendalian	SMK Analis
33.	Karyawan Laboratorium	SMK Analis
34.	Karyawan Pemeliharaan	STM/SMA
35.	Karyawan Utilitas	SMK Analis
36.	Karyawan K3	SMK Analis
37.	Karyawan Litbang	STM/SMA
38.	Karyawan UPL	STM/SMA
39.	Karyawan Pretreatment	STM/SMA
40.	Operator	STM/SMA
41.	Sekretaris	S-1 (umum)
42.	Dokter	S-1 Kedokteran
43.	Paramedis	S-1 Kedokteran
44.	Sopir	STM/SMA
45.	Bengkel	STM/SMA
46.	Cleaning Service	STM/SMA

4.4.5.2 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Pegawai

Jumlah tenaga kerja harus ditetapkan secara cermat, yaitu dengan menghitung kebutuhan karyawan proses berdasarkan jumlah peralatan yang digunakan serta jumlah pekerja per unit dalam setiap regu. Sementara itu, rincian tenaga kerja lainnya juga diatur agar seluruh aktivitas operasional dapat berjalan dengan baik dan efisien.

Adapun sistem penggajian pegawai dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Gaji Bulanan

Diberikan kepada karyawan tetap dengan besaran sesuai ketentuan perusahaan.

2. Gaji Harian

Diberikan kepada pekerja tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja normal, dengan jumlah sesuai aturan perusahaan.

Tabel 5.42 Jumlah Karyawan pada Masing-masing Bagian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1.	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
2.	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
3.	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
4.	Staff Ahli	1	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000
5.	Ka. Bag Umum	1	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
6.	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
7.	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000

8.	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
9.	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
10.	Ka. Bag. Litbang	1	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
11.	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
12.	Ka. Sek. Humas	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
13.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
14.	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
15.	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
16.	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
17.	Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
18.	Ka. Sek. Proses	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
19.	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
20.	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
21.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
22.	Ka. Sek. Pengembangan	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
23.	Ka. Sek. Penelitian	1	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
24.	Karyawan Personalia	2	Rp 4.500.000	Rp 9.000.000
25.	Karyawan Humas	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
26.	Karyawan Keamanan	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000
27.	Karyawan Pembelian	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
28.	Karyawan	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000

	Pemasaran			
29.	Karyawan Administrasi	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
30.	Karyawan Kas/Anggaran	2	Rp 4.500.000	Rp 9.000.000
31.	Karyawan Proses	5	Rp 4.500.000	Rp 22.500.000
32.	Karyawan Pengendalian	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000
33.	Karyawan Laboratorium	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000
34.	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000
35.	Karyawan Utilitas	8	Rp 4.500.000	Rp 36.000.000
36.	Karyawan K3	5	Rp 4.500.000	Rp 22.500.000
37.	Karyawan Litbang	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
38.	Karyawan UPL	5	Rp 4.000.000	Rp 20.000.000
39.	Karyawan Pretreatment	8	Rp 4.000.000	Rp 32.000.000
40.	Operator	56	Rp 4.000.000	Rp 222.000.000
41.	Sekretaris	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
42.	Dokter	2	Rp 6.000.000	Rp 12.000.000
43.	Paramedis	2	Rp 5.000.000	Rp 10.000.000
44.	Sopir	4	Rp 4.000.000	Rp 16.000.000
45.	Bengkel	2	Rp 4.000.000	Rp 8.000.000
46.	Cleaning Service	20	Rp 4.000.000	Rp 80.000.000
Total		179		Rp 890.000.000

Salah satu aspek penting dalam meningkatkan efektivitas kerja di perusahaan ini adalah pemberian kesejahteraan bagi karyawan. Bentuk fasilitas

kesejahteraan yang disediakan perusahaan antara lain:

1. Tunjangan
 - a. Gaji pokok yang diberikan sesuai golongan karyawan.
 - b. Tunjangan jabatan berdasarkan posisi yang diemban.
 - c. Tunjangan lembur bagi karyawan yang bekerja di luar jam kerja normal, dihitung berdasarkan jumlah jam tambahan.
 - d. Tunjangan Hari Raya (THR) yang diberikan setahun sekali senilai satu bulan gaji.
2. Cuti
 - a. Cuti tahunan selama 12 hari kerja setiap tahun.
 - b. Cuti sakit dengan keterangan resmi dari dokter.
3. Pakaian Kerja

Setiap karyawan mendapatkan tiga pasang seragam kerja per tahun.
4. Fasilitas Pengobatan
 - a. Tersedia poliklinik di area pabrik sebagai pertolongan pertama saat jam kerja. Untuk kasus berat, baik karena kecelakaan kerja maupun di luar itu, perusahaan bekerja sama dengan rumah sakit rujukan.
 - b. Biaya pengobatan akibat kecelakaan kerja ditanggung penuh perusahaan sesuai peraturan yang berlaku.
 - c. Pengobatan untuk sakit yang bukan akibat kecelakaan kerja diatur sesuai kebijakan perusahaan.
5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

Disediakan apabila jumlah karyawan melebihi 10 orang atau gaji per bulan minimal Rp1.000.000,00.
6. Pendidikan

Perusahaan menyediakan beasiswa untuk anak karyawan yang berprestasi serta mengembangkan kompetensi SDM melalui pelatihan, pendidikan, pembinaan, dan penguatan budaya kerja. Hal ini bertujuan memberi kesempatan karyawan untuk meningkatkan kemampuan sesuai potensi yang dimiliki.

7. Peralatan Keselamatan Kerja (Safety Equipment)

Untuk menjamin keselamatan kerja, perusahaan menyediakan berbagai perlengkapan safety bagi karyawan, seperti helm keselamatan, sepatu safety, masker, kacamata pelindung, sarung tangan, serta alat pelindung lainnya. Selain itu, tersedia pula berbagai fasilitas pendukung agar aktivitas karyawan di area pabrik lebih nyaman, antara lain:

- Kendaraan operasional lengkap dengan sopir, serta bus antar-jemput untuk karyawan.
- Kantin sebagai sarana konsumsi, dengan makan siang dan malam ditanggung oleh perusahaan.
- Fasilitas ibadah berupa masjid yang dibangun di area pabrik.

BAB V UTILITAS

Utilitas adalah sekumpulan unit - unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Utilitas menjadi salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi pada pabrik butil oleat ini. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai target yang ingin dicapai. Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam prarancangan pabrik butil oleat, terdiri dari :

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

5.1 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generating System*)

Unit ini memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan steam yang dibutuhkan pada alat *heater* yang terdapat pada reaktor dan juga yang bertujuan untuk memanaskan komponen lain. Steam juga dibutuhkan pada alat reboiler yang terdapat pada menara distilasi. Steam digunakan karena pada proses ini termasuk panas laten dan uap mampu mentransfer panas secara efisien dan merata. Panas laten adalah energi yang diserap atau dilepas oleh suatu zat saat mengalami perubahan fase wujud.

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

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik butil oleat ini yang pada umumnya menggunakan air laut, air sungai maupun air danau sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik butil oleat ini menggunakan sumber air nya yang berasal dari sungai. Adapun penggunaan air sungai memiliki alasan sebagai berikut :

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, tidak memakan waktu, sederhana dan lebih terjangkau. Hal ini dikarenakan air sungai tidak

memiliki kandungan garam seperti air laut pada umumnya dan memiliki nilai PH yang cenderung netral.

2. Air sungai memiliki kontinuitas relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur.
3. Letak sungai berada di dekat pabrik yang memudahkan dalam penggunaan air.

Air yang diperlukan untuk digunakan pada proses di pabrik sebagai berikut :

1. Air Pendingin

Air digunakan sebagai media pendingin karena memiliki alasan sebagai berikut :

- a. Mudah dalam pengolahan untuk penggunaannya
- b. Air dapat diperoleh secara dalam jumlah besar
- c. Dalam mendapatkan air bersih tidak perlu mengeluarkan biaya yang besar
- d. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume
- e. Tidak mudah menyusut

2. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk keperluan sanitasi para pekerja pabrik. Air ini digunakan untuk keperluan laboratorium, perkantoran, kantin, dan lain sebagainya. Kualitas yang harus dipenuhi untuk air sanitasi sebagai berikut :

- a. Warna : jernih
- b. Bau : tidak berbau
- c. Rasa : tidak berasa
- d. Tidak mengandung bahan beracun
- e. Tidak mengandung bakteri yang berbahaya
- f. Tidak mengandung zat organik maupun anorganik yang terdapat dalam air
- g. Memiliki fase cair
- h. Mudah mengalir

5.2.1 Unit Proses Pengolahan Air

Pada unit pengolahan air terdapat proses yang dilakukan dengan tujuan air yang digunakan merupakan air murni tanpa kandungan campuran lumpur ataupun garam, proses pengolahan sebagai berikut :

1. Penyaringan Awal

Pada proses ini bertujuan untuk memilah air sungai dari sampah - sampah padat seperti ranting, batu, sampah plastik dan lain sebagainya. Proses ini menggunakan *screening* dengan ukuran 8 mesh dan terbuat dari *stainless steel* agar tidak mudah berkarat dikarenakan terkena air terus - menerus.

2. Bak Pengendap

Air yang telah melewati *screening* akan dialirkan ke bak pengendap pertama. Proses ini bertujuan untuk mengendapkan kandungan lumpur yang terdapat pada air. Lumpur ini lolos melewati celah filter sehingga perlu diendapkan agar air sungai yang digunakan bersih dan tidak bersifat menghambat pipa proses. Selanjutnya akan dialirkan menuju bak penggumpal.

3. Bak Penggumpal

Proses ini bertujuan untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 .

4. *Clarifier*

Setelah proses pada bak penggumpal, kemudian dialirkan menuju ke *Clarifier* untuk memisahkan gumpalan - gumpalan dari bak pengendap. Air baku yang telah dialirkan kedalam *Clarifier* yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar *clarifier* dari bagian pinggir secara overflow sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan dilakukan *blow down* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. *Sand Filter*

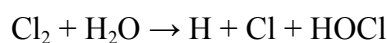
Proses ini bertujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Penyaringan dan pengendapan yang dilakukan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar benar bersih dari pengotor sehingga air aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan sand filter yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

6. *Reverse Osmosis*

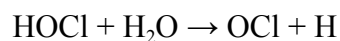
Air yang sudah melalui proses sebelumnya, kemudian melewati proses desalinasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kadar garam yang terdapat pada air. Kandungan garam ini dapat membuat alat industri menjadi berkarat.

7. Bak Penampung sementara

Setelah air bersih dari garam, ditambahkan kaporit untuk membunuh kuman - kuman yang terdapat pada air. Reaksi nya sebagai berikut :



Asam hiplokorit terpecah sebagai berikut :



8. Tangki Air Bersih

Air yang sudah melalui proses pembersihan, kemudian ditampung pada tangki air bersih. Dimana air ini dapat digunakan pada perkantoran.

● Sistem Pendingin dan Menara Pendingin (*Cooler*)

Air pendingin memiliki sifat - sifat atau standar tertentu agar tidak menimbulkan korosif dan kerak pada alat industri yang membutuhkan air pendingin sebagai berikut :

1. Klorin, berfungsi untuk membunuh bakteri
2. Fosfat, berfungsi untuk mencegah timbulnya kerak
3. Zat dispersan, berfungsi mencegah penggumpalan (pengendapan fosfat)

5.2.2 Kebutuhan Air

5.2.2.1 Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Kebutuhan air pendingin pada pabrik Butil Oleat ini terlampir pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.43 Kebutuhan Air Pendingin

Nama alat	Kode	kg/jam	lb/jam
Condensor	CD-01	2294.689	5058.872
	CD-02	2935.814	6472.297
Cooler	CL-01	24762.863	54592.207
	CL-02	268590.100	592133.734
	CL-03	9451.854	20837.558
	CL-04	21181.817	46697.433
Jumlah		329217.1373	725792.1008

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi 65843 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami blowdown pada unit cooling tower sehingga diperlukan adanya air make-up. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air make-up yaitu sebesar 396060 kg/jam.

5.2.2.2 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler dalam pabrik digunakan untuk menghasilkan *steam* sebagai media pemanas. Air umpan boiler digunakan untuk alat yang membutuhkan panas seperti : heater dan reboiler. Kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik butil oleat ini terlampir pada Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5.44 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Nama alat	Kode	kg/jam	lb/jam
Heater	HE-01	289.882	639.075
	HE-02	316.02	696.695
	HE-03	523.99	1155.189
	HE-04	526.69	1161.137
	HE-05	528.55	1165.249
	HE-06	2808.80	6192.279
Reboiler 1	RB-01	16.40	36.151
Reboiler 2	RB-02	4.29	9.449
Jumlah		5014.616	11055.223

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, maka kebutuhan air untuk steam menjadi 1002 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit steam terjadi blowdown dan penguapan sehingga diperlukan air make-up. Sehingga jumlah air make-up yang dibutuhkan dengan over design 20% setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 6017 kg/jam.

5.2.2.3 Air Domestik

Diperkirakan kebutuhan air tiap orang adalah 20 L/hari atau sama dengan

- Jumlah karyawan : 179 orang
- Kebutuhan air tiap karyawan : 152 kg/hari

Maka, kebutuhan untuk semua karyawan adalah 3662 kg/jam. Maka, perkiraan kebutuhan air tiap orangnya 152 kg/hari.

5.2.2.4 Total Air Konsumsi dan Sanitasi

Perkiraan kebutuhan untuk layanan umum (service) seperti bengkel, laboratorium, poliklinik, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain adalah sebesar 375 kg/jam yang akan digunakan oleh karyawan. Kebutuhan air total keseluruhan pada tabel 5.3 yaitu :

Tabel 5.45 Kebutuhan Total Air Service

Kebutuhan	Jumlah (kg/hari)
Kantin	3662
Poliklinik	184
Bengkel	759
Pemadam Kebakaran	655
Laboratorium	82
Total	9004

5.3 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada boiler penghasil steam. Bahan bakar yang digunakan adalah batubara sebesar 4864 kg/jam. Batubara yang dibutuhkan untuk boiler merupakan batubara dengan kualitas nomor 1 yang memiliki nilai GAR 6000 kcal/kg. Batubara tingkat kualitas 1 sering digunakan pada boiler industri. Batubara memiliki densitas lebih tinggi untuk membuat steam dari air dibanding jenis bahan bakar lain.

5.4 Unit Penyedia Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik butil oleat 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 :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol.

yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

- Kapasitas : 1200 kW
- Jenis : AC generator
- Jumlah : 2

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik butil oleat yang dibutuhkan sebagai

berikut :

1. Kebutuhan listrik untuk utilitas dan alat proses

Kebutuhan listrik untuk alat proses sebagai berikut :

Tabel 5.46 Kebutuhan listrik alat proses

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total HP	Total kW	Total kWh 1 tahun
R-01	1	0.03	0.03	0.02	184.76
M-209	1	31.00	31.00	23.12	183087.25
M-210	1	32.00	32.00	23.86	188993.29
DEC-302	1	30.00	30.00	22.37	177181.21
P-01	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-02	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-03	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-04	1	0.05	0.05	0.03	272.90
P-05	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-06	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-07	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-08	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-09	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-10	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-11	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-12	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-13	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-14	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-15	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-16	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-17	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-18	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-19	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-20	1	2.00	2.00	1.49	11812.08

P-21	1	0.05	0.05	0.04	295.30
P-22	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-23	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-24	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
P-25	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-26	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-27	1	2.00	2.00	1.49	11812.08
P-28	1	5.00	5.00	3.73	29530.20
Jumlah			184.13	137.31	1087464.37

Kebutuhan listrik untuk alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 5.47 Kebutuhan listrik utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Daya (HP)	kW
Pompa 1	PU-01	1	1.5	1.12
Pompa 2	PU-02	1	1.5	1.12
Pompa 3	PU-03	1	1.5	1.12
Pompa 4	PU-04	1	0.1	0.04
Pompa 5	PU-05	1	0.1	0.04
Pompa 6	PU-06	1	0.1	0.04
Pompa 7	PU-07	1	1.0	0.75
Pompa 8	PU-08	1	1.0	0.75
Pompa 9	PU-9	1	1.0	0.75
Pompa 10	PU-10	1	0.3	0.25
Pompa 11	PU-11	1	0.8	0.56
Pompa 12	PU-12	1	0.5	0.37
Pompa 13	PU-13	1	3.0	2.24
Pompa 14	PU-14	1	2.0	1.49
Flokulator	FL-01	1	200	149.14
<i>Cooling tower</i>	CT-01	1	9	6.99

<i>Compressor</i>	KU-01	1	10	7.46
-------------------	-------	---	----	------

2. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan dari total kebutuhan listrik yaitu 339 kW memperhatikan ada mess dan ruangan kebutuhan lainnya di pabrik untuk operasional sehari.

3. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, computer, dan lain-lain) diperkirakan yaitu 41 kW untuk operasional sehari.

4. Total kebutuhan listrik

Dari penjelasan diatas mengenai kebutuhan listrik, maka bisa dihitung untuk total kebutuhan listrik selama 1 tahun yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.48 Total kebutuhan listrik

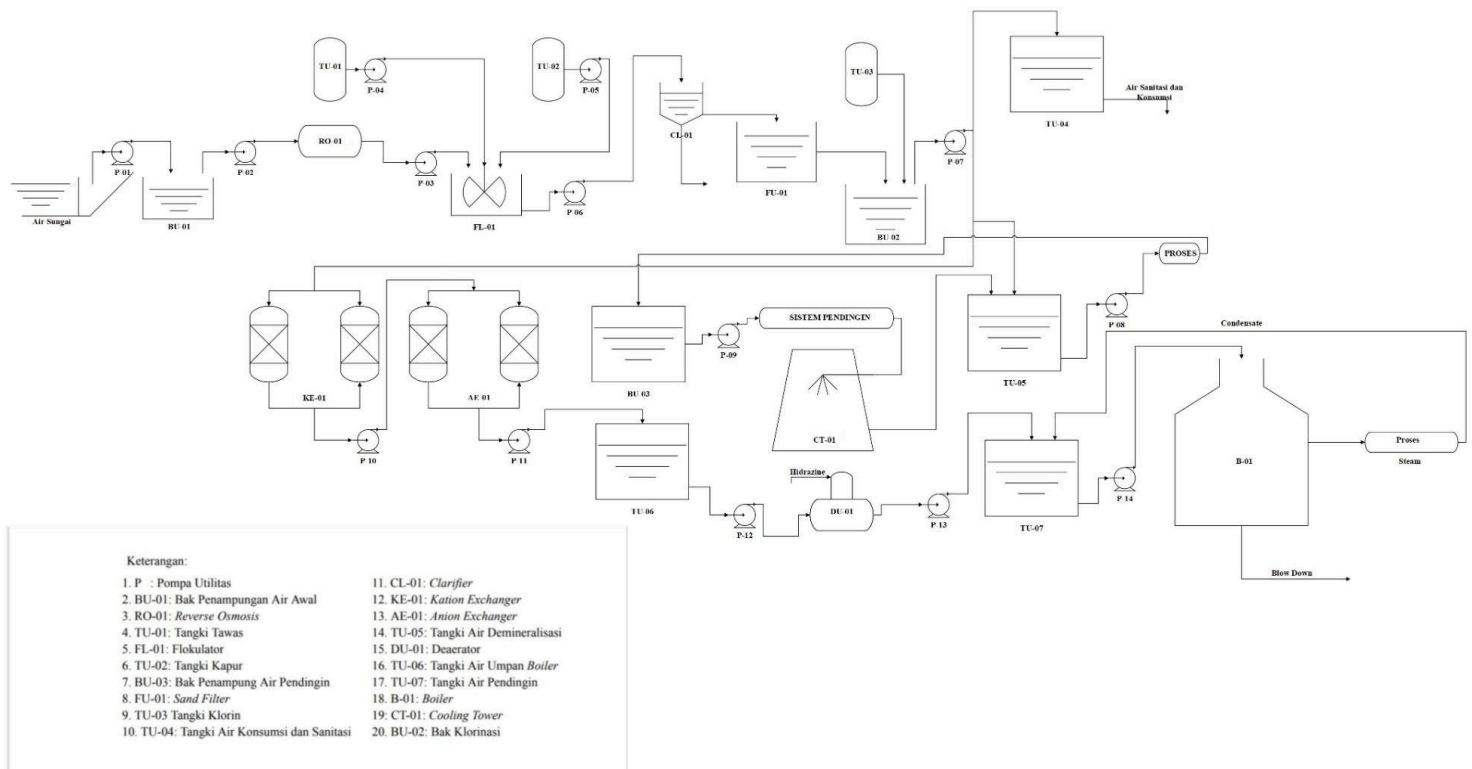
Kebutuhan	kW	kW/Tahun
Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	169.24	1340393
Listrik untuk keperluan penerangan	340	112045
Listrik untuk AC	20	158400
Listrik untuk alat elektronik (PC)	21	164340
Total	549	1775179

5.5 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik butil oleat berupa asam sulfat yang termasuk limbah B-3 yang merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun, kemudian terdapat limbah air dari hasil proses ekstraksi cair - cair pada ekstraktor dan dari decanter. Limbah yang dihasilkan juga berasal dari purge yang berfungsi untuk menyeimbangkan neraca massa pada *recycle* (daur ulang). Purge membuang sebanyak 10 % dari arus daur ulang yang berasal dari menara distilasi 2 menuju reaktor cstr 1. Limbah tersebut berupa asam oleat, butanol, heksana dan sedikit asam palmitat.

5.6 Unit Penyediaan Udara

Pada unit ini udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara pneumatic. Jumlah aliran udara yang dibutuhkan diperkirakan 130 m³/jam pada tekanan 3,94 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi silica gel untuk menyerap kandungan air. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 130 m³/jam untuk 51 alat kontrol.



Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.49 Tabel spesifikasi pompa utilitas

Spesifikasi	Pompa			
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04
Fungsi	Mengalirkan air dari Laut ke BU-01	Mengalirkan air dari BU-01 ke RO-01	Mengalirkan air dari RO-01 ke FL-01	Memompa air dari TU-01 menuju flokulator
Jenis Pompa	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>
Material Konstruksi	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>
Kapasitas (gal/min)	397.53	397.53	397.53	2.66
Spesifikasi Alat				
ID (in)	10.02	10.02	10.02	1.049
OD (in)	10.75	10.75	10.75	1.32
<i>Flow Area (in²)</i>	78.8	78.8	78.8	0.864
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%	20%
Daya Pompa (Hp)	1.5	1.5	1.5	0.1

Tabel 5.50 Tabel spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa			
Kode	PU-05	PU-06	PU-07	PU-08
Fungsi	Memompa air dari TU-02 menuju flokulator	Memompa air dari flokulator menuju clarifier	Mengalirkan air dari BU-02 menuju TU-04, TU-07, dan KE	Mengalirkan air dari TU-05 menuju BU-03
Jenis Pompa	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>
Material	<i>commercial</i>	<i>commercial</i>	<i>commercial</i>	<i>commercial</i>

Konstruksi	<i>steel</i>	<i>steel</i>	<i>steel</i>	<i>steel</i>
Kapasitas (gal/min)	5.47	397.53	397.53	397.53
Spesifikasi Alat				
ID (in)	1.5	10.02	10.02	10.02
OD (in)	1.9	10.75	10.75	10.75
<i>Flow Area (in²)</i>	1.76	78.8	78.8	78.8
Efisiensi Pompa	20%	66%	66%	66%
Daya Pompa (Hp)	0.05	7 1/2	1	1

Tabel 5.51 Tabel spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa			
Kode	PU-9	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Memompa air dari BU-03 menuju CT	Memompa air dari KE menuju AE	Memompa air dari AE menuju TU-06	Memompa air dari TU-05 menuju deaerator
Jenis Pompa	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>
Material Konstruksi	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>
Kapasitas (gal/min)	1622.4	5.93	5.93	5.93
Spesifikasi Alat				
ID (in)	19.25	1.38	1.38	1.38
OD (in)	20	1.66	1.66	1.66
<i>Flow Area (in²)</i>	291	1.5	1.5	1.5
Efisiensi Pompa	60%	80%	80%	80%
Daya Pompa (Hp)	1.0	0.3	0.8	0.5

Tabel 5.52 Tabel spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa	
Kode	PU-13	PU-14
Fungsi	Memompa air dari deaerator menuju TU-07	Memompa air dari TU-06 menuju Boiler
Jenis Pompa	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>centrifugal pump single stage</i>
Material Konstruksi	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>
Kapasitas (gal/min)	5.93	24.7
Spesifikasi Alat		
ID (in)	1.38	2.9
OD (in)	1.66	3.5
<i>Flow Area (in²)</i>	1.5	6.61
Efisiensi Pompa	80%	80%
Daya Pompa (Hp)	3.0	2.0

Tabel 5.53 Tabel spesifikasi tangki utilitas

Kode	TU-01	TU-02	TU-03
Fungsi	Melarutkan dan membuat larutan tawas dengan konsentrasi 5% yang akan diumpankan ke flokulator	Melarutkan dan membuat larutan kapur dengan konsentrasi 5% yang akan diumpankan	Menampung larutan klorin dengan konsentrasi 2% yang digunakan sebagai desinfektan
Tipe	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal
Jumlah (buah)	1	1	1

Material konstruksi	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi Alat			
Diameter (m)	3.03	3.85	1.28
Tinggi (m)	6.05	7.70	2.56
Volume (m ³)	44	89.48	3

Tabel 5.54 Tabel spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Kode	TU-04	TU-05	TU-06
Fungsi	Menampung air bersih untuk konsumsi dan sanitasi	Menampung air pendingin sebelum menuju proses	Menampung air demin untuk kebutuhan air pendingin dan air umpan boiler
Tipe	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder vertikal
Jumlah (buah)	1	1	1
Material konstruksi	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi Alat			
Diameter (m)	1.97	6.17	0.95
Tinggi (m)	3.95	12.34	1.90
Volume (m ³)	12	368.57	1

Tabel 5.55 Tabel spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Kode	TU-07
Fungsi	Menampung air umpan boiler sebagai pembuat steam
Tipe	Tangki silinder vertikal
Jumlah (buah)	1

Material konstruksi	Carbon steel
Spesifikasi Alat	
Diameter (m)	1.85
Tinggi (m)	3.69
Volume (m ³)	10

Tabel 5.56 Tabel spesifikasi boiler

Kode	BO-01	BO-02	BO-03
Fungsi	Membuat saturated steam untuk heater 1 - 5 dan reboiler 2	Membuat saturated steam untuk heater 6	Membuat saturated steam untuk reboiler 1
Spesifikasi Alat			
Kapasitas (kg/jam)	2793,5	11258,2	582,5
Luas perpindahan panas (m^2)	29,8	97,1	3,4
Harga	Rp 10.756.227.000	Rp 19.340.154.000	Rp 8.513.745.000
Material Konstruksi	Carbon steel		
Kondisi Operasi			
Suhu masuk (°C)	25	25	25
Suhu keluar (°C)	120	200	390
Panas laten (kJ/kg)	2163,5	1927,8	1034,2
Spesifikasi Penyimpanan			
Diameter (m)	4,5	7,4	2,8
Tinggi (m)	9,2	14,9	5,6
Waktu penampungan	3 hari	3 hari	3 hari

Tabel 5.57 Tabel spesifikasi kinetika udara

Kode	KU-01
Fungsi	Menyediakan udara tekan
Jenis	<i>Single stage Reciprocating Compressor</i>
Jumlah valve	
Unit Proses (buah)	48
Unit Utilitas (buah)	6
Spesifikasi Alat	
Kebutuhan Udara (m^3/jam)	129,6
Tekanan masuk (psi)	14,7
Tekanan keluar (psi)	58,8
Suhu Masuk ($^{\circ}C$)	25
Suhu Keluar ($^{\circ}C$)	169,5
Daya (HP)	9,03

Tabel 5.58 Tabel spesifikasi bak utilitas

Kode	BU-01	BU-02	BU-03
Fungsi	Mengendapkan partikel berukuran besar yang terlarut dalam air	Menampung air bersih yang berasal dari sand filter dan tempat penambahan klorin	Menampung air pendingin yang berasal dari proses
Tipe	Bak terbuka berbentuk persegi panjang	Bak terbuka berbentuk persegi panjang	Bak terbuka berbentuk persegi panjang
Material Konstruksi	beton bertulang	beton bertulang	beton bertulang

Spesifikasi Penyimpanan			
Volume Bak Penampung (m ³)	389.83	388.13	368
Lebar Bak Penampung (m)	6.24	6.23	6.07
Panjang Bak Penampung (m)	12.49	12.46	12.14
Luas Dinding (m ²)	265.27	264.52	255.81

Tabel 5.59 Tabel spesifikasi flokulator (FL-01)

Kode	FL-01
Fungsi	Mengendapkan kotoran dalam air keluaran flokulator yang bersifat koloid
Tipe	Tangki silinder tegak
Jumlah (buah)	1
Spesifikasi Alat	
Diameter (m)	6.58
Tinggi (m)	13.17
Volume (m ³)	448
Jenis Impeller	Turbin dengan <i>flat blade impellers</i>
Jumlah Impeller	1
Kecepatan putaran (rpm)	37

Tabel 5.60 Tabel spesifikasi clarifier (CL-01)

Kode	CL-01
Fungsi	Mengendapkan partikel berukuran besar yang terlarut dalam air
Tipe	Tangki dengan bottom berbentuk conical
Jumlah (buah)	1
Material konstruksi	<i>Carbon steel</i>

Spesifikasi Alat	
Diameter (m)	102.8
Tinggi (m)	25.7
Volume (m ³)	498429

Tabel 5.61 Tabel spesifikasi *cooling tower* (CT-01)

Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan kembali air pendingin dari proses untuk digunakan kembali
Sistem	Kontak langsung dengan udara di dalam cooling tower (fan)
Jenis	<i>Inducted Draft Cooling Tower</i>
Jumlah	1
Spesifikasi alat	
Panjang (m)	6.7056
Lebar (m)	6.7056
Efisiensi motor	80%
Daya (Hp)	15.00

Tabel 5.62 Tabel spesifikasi *sand filter* (FU-01)

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang belum mengendap di <i>clarifier</i>
Tipe	<i>Gravity Sand Filter</i> berbentuk persegi panjang
Jumlah (buah)	1
Material konstruksi	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi Alat	
Lebar (m)	2.4
Panjang (m)	4.8
Kecepatan linear (ft/s)	0.00668

Mesh	35
------	----

Tabel 5.63 Tabel spesifikasi *kation exchanger* (KE-01)

Kode	KE-01
Fungsi	Mengikat ion-ion positif yang terlarut dalam air
Tipe	Tangki silinder tegak berisi tumpukan resin C-300 (RH2)
Jumlah (buah)	2
Kapasitas resin (kg/ft ²)	8
Siklus regenerasi (hari)	15
Spesifikasi Alat	
Diameter (m)	0.5
Tinggi bed (m)	2.8
Luas penampang (ft ²)	4
Kecepatan perluasan bed (gpm/ft ²)	7

Tabel 5.64 Tabel spesifikasi *anion exchanger* (AE-01)

Kode	AE-01
Fungsi	Mengikat ion-ion negatif yang terlarut dalam air
Tipe	Tangki silinder tegak berisi tumpukan resin C-500P (R(OH)2)
Jumlah (buah)	2
Kapasitas resin (kg/ft ²)	8
Siklus regenerasi (hari)	15
Spesifikasi Alat	
Diameter (m)	0.6
Tinggi bed (m)	2

Luas penampang (ft ²)	6
Kecepatan perluasan bed (gpm/ft ²)	5

Tabel 5.65 Tabel spesifikasi deaerator (DU-01)

Kode	DU-01
Fungsi	Menghilangkan udara (O ₂ dan CO ₂) dari air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder horizontal dengan <i>flanged and standard dished head</i>
Volume (m ³)	24.25
Waktu Tinggal (jam)	3
Jumlah (buah)	1
Spesifikasi Alat	
Diameter (m)	2.49
Panjang (m)	4.98
Tinggi cairan (m)	4.33
Tebal shell (in)	0.19
Tebal head (in)	0.25
Tinggi head (m)	0.39
Panjang Total (m)	5.76

Tabel 5.66 Tabel spesifikasi reverse osmosis (RO-01)

Kode	RO-01
Fungsi	Menyediakan sumber air tawar dari air laut sebagai pasokan utama air untuk pabrik
Tipe	<i>Sea Reverse Osmosis</i>
Jumlah (buah)	1
Spesifikasi Alat	
Tekanan (atm)	59.22
Laju alir (kg/jam)	86683.35

Jumlah membrane (buah)	11
Kapasitas train (m ³ /jam)	300
Material Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 Type 304</i>

BAB VI EVALUASI EKONOMI

Analisis ekonomi dilakukan untuk menilai apakah pabrik yang dirancang dapat memberikan keuntungan atau tidak. Sebuah pabrik dinilai sehat secara finansial jika mampu memenuhi kewajiban internal maupun eksternal serta menghasilkan laba yang memadai bagi perusahaan dan pemiliknya.

- Kewajiban internal mencakup biaya operasional, seperti pembelian bahan baku, bahan penunjang, perawatan peralatan, pembayaran gaji dan upah, serta penyediaan piutang usaha.
- Kewajiban eksternal meliputi cicilan pinjaman bank beserta bunga yang harus dibayarkan.

Untuk pabrik n-Butil Oleat ini, evaluasi ekonomi dilakukan menggunakan beberapa metode, yaitu:

- a. *Return on Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Even Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Agar perhitungan lebih akurat, diperlukan pula penilaian terhadap beberapa faktor, antara lain:

1. Total Investasi Modal (*Total Capital Investment*)
2. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expense*)
3. Perkiraan Total Penjualan
4. Estimasi Laba atau Rugi Usaha

Dasar Perhitungan:

- Kapasitas produksi: 38.000 ton per tahun
- Hari operasi: 330 hari per tahun
- Tahun mulai beroperasi: 2030
- Asumsi pendirian pabrik: Oktober 2026

6.1 Estimasi Harga Bahan Baku

Harga bahan baku cenderung berubah setiap tahun seiring kondisi ekonomi dan jumlah permintaan pada pasar. Untuk mendapatkan perkiraan harga saat ini, digunakan data harga bahan baku tahun sebelumnya yang disesuaikan dengan indeks harga. Data indeks harga tersebut didapat dari Chemical Engineering Plant Cost (CEPCI) . Berikut ini merupakan grafik hubungan antara tahun dan indeks harga yang ditunjukkan pada Tabel 6.1 sebagai berikut :

Tabel 6.1 indeks harga alat

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
2000	394
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468
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	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2
2021	708
2022	813

Metode pendekatan yang digunakan dalam penaksiran ini mengacu pada rumus yang dikembangkan oleh Aries (1955).

$$Ey = \frac{Ex \times Ny}{Nx}$$

Keterangan :

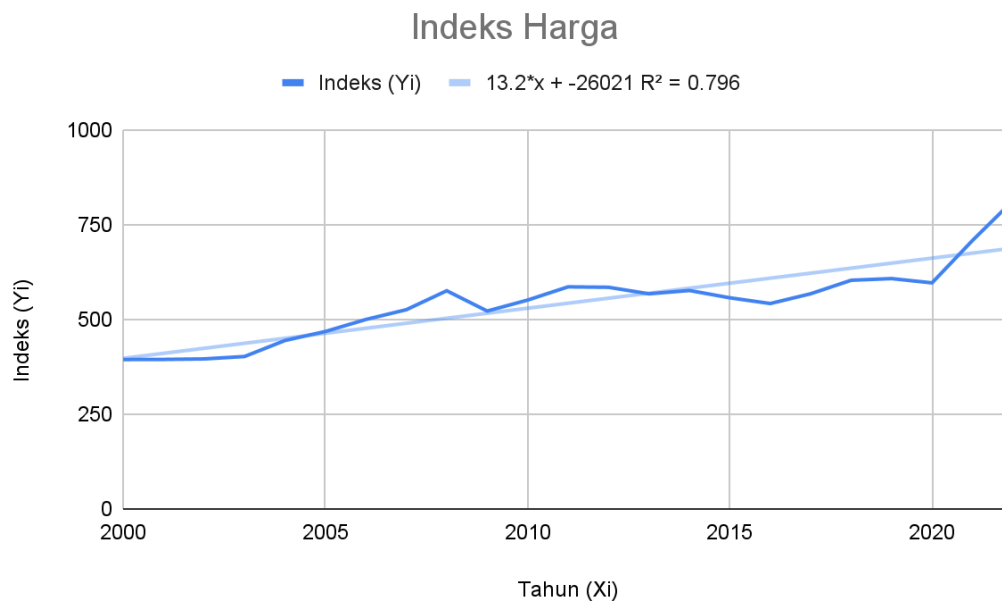
Ey = Harga bahan baku pada tahun pemesanan

Ex = Harga bahan baku pada tahun referensi

Ny = Nilai indeks tahun pabrik berdiri

Nx = Nilai indeks tahun referensi

Berdasarkan Tabel 6.1 diatas, maka diperoleh persamaan regresi linear pada gambar 6.1 sebagai berikut:



Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga vs Tahun

$$y = 13,2x - 26021$$

Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan harga alat utilitas sebagai berikut:

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	EY (Rp)	EX (Rp)
		2014	2030
1	Reaktor (all)	Rp5,804,032,000	Rp 44,085,655,338.77
2	Mixer 1	Rp32,071,603,200	Rp 44,085,655,338.77
3	Mixer 2	Rp5,345,267,200	Rp 7,347,609,223.13
4	Menara Distilasi 1	Rp18,663,558,382	Rp 25,654,944,565.63
5	Menara Distilasi 2	Rp6,158,968,825	Rp 8,466,124,226.91
6	Tangki Penyimpanan (all)	Rp15,230,592,000	Rp 20,935,985,810.57
7	Dekanter	Rp4,006,912,000	Rp 5,507,904,930.83
8	Pompa (all)	Rp1,888,640,000	Rp 2,596,126,285.92

9	Condensor 1 (CD-01)	Rp1,940,224,000	Rp 2,667,033,699.89
10	Condensor 2 (CD-02)	Rp2,183,168,000	Rp 3,000,984,746.36
11	Reboiler 1 (RB-01)	Rp291,200,000	Rp 400,283,788.58
12	Reboiler 2 (RB-02)	Rp306,176,000	Rp 420,869,811.99
13	Heater (all)	Rp2,149,888,000	Rp 2,955,238,027.67
14	Cooler (all)	Rp10,739,456,000	Rp 14,762,466,122.74

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	EY (Rp)	EX (Rp)
		2014	2030
1	Pompa (all)	Rp1,847,040,000	Rp 2,495,698,957.08
2	Boiler 120	Rp10,711,168,000	Rp 14,472,805,573.61
3	Boiler 200	Rp19,259,136,000	Rp 26,022,720,476.76
4	Boiler 390	Rp8,478,080,000	Rp 11,455,483,050.73
5	Bak Pengendapan Awal	Rp465,123,951	Rp 628,470,070.72
6	Tangki Tawas	Rp805,376,000	Rp 1,088,214,680.38
7	clarifier	Rp145,292,486	Rp 196,317,516.56
8	saringan pasir	Rp459,186,214	Rp 620,447,069.57
9	tangki klorin	Rp598,123,498	Rp 808,177,511.13
10	tangki air sanitasi	Rp169,728,000	Rp 229,334,498.76
11	<i>Cooling Tower</i>	Rp948,621,798	Rp 1,281,766,735.93
12	Reserve Osmosis	Rp231,486,214	Rp 312,781,478.94
13	Bak air pendingin	Rp1,462,156,548	Rp1,975,648,915
14	Tangki flokulator	Rp349,616,511	Rp472,397,762
15	kation exchanger	Rp98,321,468	Rp132,850,824
16	anion exchanger	Rp98,321,468	Rp132,850,824
17	Deaerator	Rp341,294,284	Rp461,152,865
18	Tangki kapur	Rp1,286,272,000	Rp1,737,995,760

19	Tangki klorin	Rp149,760,000	Rp202,353,969
20	Tangki demineralisasi	Rp3,241,472,000	Rp4,379,839,251
21	Tangki umpan boiler 1	Rp96,512,000	Rp130,405,891
22	Tangki air umpan boiler 2	Rp297,856,000	Rp402,459,562

Rencana pendirian pabrik butil oleat dengan kapasitas 38.000 ton/tahun pada tahun 2030. Persamaan di atas disubstitusikan nilai x menjadi 2030, maka akan diperoleh harga indeks alat sebesar 775. Harga bahan baku cenderung naik turun mengikuti jumlah permintaan pada pasar. Apabila jumlah permintaan lebih tinggi dibanding jumlah ketersediaan maka harga acuan akan naik begitupun sebaliknya, apabila jumlah permintaan menurun namun jumlah ketersediaan bahan baku meningkat harga acuan akan menurun atau semakin murah.

6.1.1 Dasar Perhitungan

Bagian evaluasi ekonomi yang menjadi dasar perhitungan sebagai berikut :

- Kapasitas Pabrik = 38000 ton/tahun
- Satu Tahun Operasi = 330 hari
- Umur Alat = 10 tahun
- Harga Bahan Baku = Rp 55.229
- Harga Jual Produk = Rp 58.240
- Kurs Mata Uang = Rp 16.640 (21 September 2025)
- Tahun Didirikan = 2030

6.2 Investasi Modal Tetap (Fixed Capital Investment/FCI)

Investasi modal tetap merupakan biaya yang dialokasikan untuk pembangunan fasilitas fisik pabrik dan peralatan manufaktur. Komponen ini mencakup beberapa bagian, salah satunya adalah Direct Plant Cost (DPC).

- a. Direct Plant Cost (DPC)

Direct Plant Cost (DPC) adalah biaya yang digunakan untuk pembangunan gedung pabrik, pembelian serta pemasangan mesin, peralatan proses, dan perlengkapan pendukung yang diperlukan dalam operasional. DPC mencakup *physical plant cost* serta *engineering and construction cost*.

Rincian *physical plant cost* meliputi :

- Purchased Equipment Cost (PEC): biaya yang dikeluarkan untuk membeli peralatan, baik peralatan proses maupun peralatan penunjang. Jika peralatan tersebut merupakan barang impor, maka akan dikenakan tambahan biaya seperti ongkos pengiriman, asuransi, bea masuk/pajak, dan biaya penyimpanan di gudang.
- Biaya Instalasi: yaitu biaya untuk pemasangan peralatan proses maupun peralatan pendukung di lokasi pabrik.
- Biaya Pemipaan (Piping): merupakan pengeluaran untuk pembelian serta pemasangan pipa pada peralatan proses maupun peralatan pendukung di area pabrik. Untuk proses yang melibatkan cairan, biaya pemipaan diperkirakan sekitar 36% dari nilai PEC.
- Biaya Insulasi adalah biaya yang timbul dari pengadaan dan pemasangan sistem insulasi pada peralatan proses maupun pendukung yang membutuhkannya. Besarnya diperkirakan mencapai 8% dari PEC.
- Biaya Instrumentasi dan Alat Kontrol, dialokasikan untuk melengkapi sistem proses dan utilitas dengan perangkat pengendalian. Biaya ini mencakup pembelian serta pemasangan instrumen dan peralatan kontrol sesuai kebutuhan. Estimasi pengeluaran berada pada kategori *extensive controls*, yaitu sekitar 15% dari PEC.
- Biaya Instalasi Listrik, meliputi penyediaan sarana distribusi tenaga listrik di area pabrik, namun tidak termasuk pengadaan sumber listriknya. Biaya instalasi ini diperkirakan berkisar 12% dari PEC.
- Biaya Bangunan dan Sarana, diperlukan untuk pembangunan fasilitas fisik di dalam kompleks pabrik. Besarnya disesuaikan dengan kondisi lokasi pabrik. Pada tahap prarancangan ini, biaya bangunan dan sarana

diperkirakan sekitar 30% dari PEC untuk jenis *fluid new plant at new site*.

- Biaya Tanah dan Perataan, merupakan biaya untuk pembelian lahan, perbaikan kondisi tanah (perataan), serta pembangunan akses jalan menuju area pabrik. Harga tanah mengikuti standar pasar di lokasi pendirian, yaitu Rp 210.000,-/m² untuk harga sewa per tahun. Sedangkan biaya teknik dan konstruksi diestimasi sekitar 15% dari total biaya pembelian tanah.
- Biaya upah kontraktor: merupakan pengeluaran yang ditujukan untuk jasa pembangunan pabrik butil oleat. Biaya ini diperkirakan berkisar antara 5% dari PEC (Timmerhaus, 1991).

b. Biaya Engineering dan Konstruksi

Biaya ini mencakup kebutuhan untuk desain teknik, pengawasan lapangan, konstruksi sementara, serta inspeksi. Nilainya diperkirakan sekitar 15% dari *physical plant cost* (PPC) apabila PPC melebihi \$5.000.000 (Aries, 1955).

c. Biaya Kontraktor dan Kontinjensi

Biaya kontraktor adalah pembayaran yang diberikan kepada pihak kontraktor yang membangun pabrik. Sementara itu, kontinjensi dialokasikan untuk menutupi pengeluaran yang tidak terduga, perubahan kecil dalam proses, fluktuasi harga, maupun kesalahan estimasi. Berdasarkan hasil perhitungan total investasi modal tetap (FCI) yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik n-Butil Oleat berkapasitas 38.000 ton per tahun.

Table 6.4 Physical Plant Cost (PPC)

Komponen	Biaya (Rp)
Harga Alat (Purchased Equipment Cost)	Rp182,886,881,918
Pemasangan Alat (Equipment Installation Cost)	Rp91,443,440,959
Pemipaan (Piping)	Rp36,577,376,384
Instrumentasi (Instrumentation)	Rp14,630,950,553

Isolasi (Insulation)	Rp9,144,344,096
Listrik (Electrical)	Rp18,288,688,192
Bangunan (Building)	Rp32,919,638,745
Tanah dan Perbaikannya	Rp21,271,523,788

Table 6.5 *Direct Plant Cost (DPC)*

Komponen	Biaya (Rp)
Teknik dan Konstruksi	Rp61,074,426,695
Direct Plant Cost	Rp468,237,271,330
Total	Rp529,311,698,025

Table 6.7 *Fixed Capital Investment (FCI)*

Komponen	Biaya (Rp)
Upah Kontraktor (Contractor's fee)	Rp9,364,745,427
Biaya Tak Terduga (Contingency)	Rp23,411,863,566
Direct Plant Cost	Rp468,237,271,330
Total	Rp501,013,880,323

6.3 Modal Kerja (Working Capital Investment / WCI)

Modal kerja merupakan dana yang diperlukan untuk memulai kegiatan usaha sehingga perusahaan mampu memperoleh keuntungan dari penjualan serta menjalankan perputaran keuangan. Umumnya, jangka waktu penyediaan bahan baku berkisar 1–4 bulan, tergantung pada kecepatan distribusi hasil produksi. Pada perancangan ini, jangka waktu modal kerja ditetapkan selama 1 bulan. Komponen modal kerja meliputi:

a. Biaya bahan baku dan utilitas, yaitu dana yang dialokasikan untuk persediaan bahan baku, disesuaikan dengan tingkat konsumsi, nilai bahan, ketersediaan, sumber, dan kebutuhan penyimpanan.

b. In Process Inventory, yakni biaya yang timbul saat bahan masih berada dalam tahapan proses, besarnya bergantung pada lama siklus produksi.

c. Product Inventory, yaitu dana untuk menyimpan produk sebelum dipasarkan.

d. Kas tersedia (Available Cash), berupa dana tunai yang disiapkan untuk membayar tenaga kerja, jasa, maupun material.

e. Extended Credit, yaitu dana cadangan untuk menutup penjualan produk yang belum terbayar.

Table 6.8 Working Capital Investment (WCI)

Working Capital	Biaya (Rp)
Raw Material Inventory	Rp141,868,216,941
Inprocess inventory	Rp111,244,789
Product Inventory	Rp160,192,496,827
Extended credit	Rp201,277,363,636
Available cash	Rp146,843,122,092
Total	Rp650,292,444,286

6.3.1 Penentuan Biaya Total Produksi (Total Production Cost / TPC)

Biaya total produksi mencakup seluruh pengeluaran selama pabrik beroperasi, yang terdiri dari Manufacturing Cost (MC) dan General Expense.

6.3.2 Manufacturing Cost (MC)

Manufacturing Cost adalah biaya yang timbul dalam pembuatan produk. Komponen utamanya meliputi (Aries, 1955):

- a. Direct Manufacturing Cost, yakni pengeluaran yang berkaitan langsung dengan proses produksi, antara lain:

- Biaya bahan baku (proses dan utilitas), yaitu dana untuk pembelian bahan baku yang diperlukan dalam produksi hingga tersedia di lokasi pabrik.
- Gaji karyawan, yaitu biaya pengeluaran untuk upah tenaga kerja baik shift maupun non-shift.
- Perawatan (maintenance) merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjaga dan memperbaiki peralatan proses maupun utilitas, dengan estimasi sebesar 3% dari FCI.
- Plant supplies mencakup kebutuhan pelumas, chart, dan gasket, dengan estimasi biaya sekitar 10% dari biaya perawatan.
- Royalti dan paten adalah biaya terkait penggunaan hak paten dalam proses produksi, diamortisasi sesuai masa berlaku perlindungan paten. Pembayaran royalti umumnya berdasarkan jumlah produksi atau penjualan, diperkirakan sebesar 0,02% dari harga jual produk.
- Utilitas meliputi kebutuhan energi seperti steam, listrik, bahan bakar, udara tekan, serta refrigerasi.

Table 6.9 Direct Manufacturing Cost (DMC)

Komponen	Biaya (Rp)
Raw Material	Rp1,560,550,386,347
Upah karyawan/Buruh (Labor)	Rp10,680,000,000
Supervision	Rp1,068,000,000
Maintenance	Rp15,030,416,410
Plant supplies	Rp1,503,041,641
Royalties & Patent	Rp442,810,200
Utilitas	Rp69,640,173,243
Total	Rp1,658,914,827,841

- b. Indirect manufacturing cost adalah biaya tidak langsung akibat beroperasinya pabrik, meliputi:
- Laboratorium, biaya operasional laboratorium untuk quality control, sekitar

15% dari gaji karyawan.

- Plant overhead, meliputi pelayanan penunjang non-produksi seperti kesehatan, fasilitas rekreasi, purchasing, warehousing, dan engineering (termasuk safety & protection), diperkirakan 50% dari gaji karyawan.
- Packaging dan transportasi, mencakup biaya pengemasan (packing dan container) yang bergantung sifat produk, serta biaya distribusi ke konsumen. Estimasi: 10% dari biaya *fixed capital investment* (FCI).
- Payroll overhead, yaitu biaya pensiun, cuti berbayar, asuransi, kompensasi kecelakaan kerja, serta keamanan. Estimasi: 10% dari gaji karyawan.

Table 6.10 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Komponen	Biaya (Rp)
Payroll overhead	Rp1,068,000,000
Laboratorium	Rp1,602,000,000
Plant overhead	Rp5,340,000,000
Packaging and shipping	Rp50,101,388,032

- c. Fixed Manufacturing Cost adalah biaya yang berkaitan dengan Fixed Capital dan pengeluaran lain yang sifatnya tetap, tidak dipengaruhi oleh waktu maupun kapasitas produksi. Komponen biaya ini meliputi:
- Depresiasi, yaitu penyusutan nilai peralatan dan bangunan berdasarkan estimasi umur pabrik, diperkirakan sebesar 6% dari FCI.
 - Pajak properti (property tax), yakni kewajiban pajak yang dikenakan pada aset pabrik, bergantung pada lokasi serta kondisi tempat berdirinya plant, dengan estimasi 1% dari FCI.
 - Asuransi, yaitu biaya perlindungan terhadap risiko operasional pabrik. Semakin tinggi tingkat bahaya plant, maka semakin besar biaya asuransinya. Estimasi sebesar 1% dari FCI.

Table 6.11 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Komponen	Biaya (Rp)
Depresiasi	Rp30,060,832,819
Pajak/ <i>Property Tax</i>	Rp10,020,277,606
Asuransi/ <i>Insurance</i>	Rp5,010,138,803
Total	Rp45,091,249,229

Dari penjelasan diatas, maka total biaya manufaktur atau *total manufacturing cost* hasil total dari *direct cost*, *indirect cost* dan *fixed cost*. Tertera pada tabel sebagai berikut :

Table 6.12 Total Manufacturing Cost (TMC)

Komponen	Biaya (Rp)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp1,659,181,880,170
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp58,111,388,032
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp45,091,249,229
Total	Rp1,762,384,517,431

- Pengeluaran umum (*General expense*), yaitu pengeluaran yang diperlukan untuk menjalankan operasional perusahaan sehari-hari, tetapi tidak berkaitan langsung dengan proses produksi. Biaya ini meliputi segala pengeluaran yang menunjang aktivitas dan fungsi perusahaan secara keseluruhan, di luar proses manufaktur langsung.

Table 6.13 General expense (GE)

Komponen	Biaya (Rp)
Administrasi	Rp22,140,510,000
Penjualan (<i>Sales</i>)	Rp44,281,020,000
Penelitian (<i>Research</i>)	Rp66,421,530,000
Biaya Pembelanjaan (<i>Finance</i>)	Rp157,676,156,210

Total	Rp290,519,216,210
-------	-------------------

Table 6.14 Total Production Cost

Komponen	Biaya (Rp)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp1,762,384,517,431
<i>General Exspense</i>	Rp290,519,216,210
Total	Rp2,052,903,733,641

6.4 Analisa Keuntungan

Pendapatan dari penjualan produk n-Butil Oleat dihitung sebagai berikut:

$$= 115,2 \text{ Ton/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp } 58.240.000/\text{ton}$$

$$= \text{Rp } 2.213.120.000.000.$$

Dari rincian total pendapatan penjualan diatas harga produk yang berupa butil oleat sangat mempengaruhi total penjualan. Berdasarkan ketentuan harga pasar, jumlah tersebut masih masuk akal dan dapat diterima oleh konsumen. Analisa keuntungan mengenai pabrik butil oleat sebagai berikut :

a. Keuntungan sebelum pajak

Table 6.15 Keuntungan Sebelum Pajak

Komponen	Biaya (Rp)
Total Penjualan	Rp2,214,051,000,000
Total production cost	Rp2,052,903,733,641
Keuntungan	Rp161,147,266,359
Keuntungan = Total Penjualan - Total production cost	

b. Keuntungan setelah pajak

Table 6.16 Keuntungan Setelah Pajak

Komponen	Biaya (Rp)
Keuntungan	Rp161,147,266,359
Pajak pendapatan (22% x Keuntungan sebelum pajak)	Rp35,452,398,599
Keuntungan	Rp125,694,867,760
Keuntungan = keuntungan sebelum pajak - Pajak pendapatan 22%	

6.5 Analisis Kelayakan Ekonomi

Untuk menilai apakah pabrik layak didirikan dan berpotensi memberikan keuntungan, dilakukan evaluasi kelayakan finansial. Selain itu, analisis ini juga membantu menentukan seberapa besar tingkat keuntungan yang diperoleh, guna mengklasifikasikan apakah suatu pabrik layak secara ekonomi atau tidak. Beberapa metode yang digunakan antara lain Percent Return On Investment (ROI), Pay Out Time (POT), Break Even Point (BEP), Shut Down Point (SDP), dan Discounted Cash Flow Rate (DCFR).

6.5.1 Percent Return On Investment (ROI)

ROI adalah tingkat keuntungan yang diperoleh dibandingkan dengan jumlah investasi yang ditanamkan. Menurut Aries & Newton (1955) untuk kategori industri dengan *low risk* atau resiko rendah memiliki batas minimal *Return of Investment* atau ROI sebesar 11%. Sedangkan untuk industri kimia dengan tingkat risiko tinggi, nilai minimum ROI sebelum pajak adalah 44%. Hasil keuntungan atau kerugian dari investasi ini seringkali disebut sebagai laba, rugi, atau bunga, tergantung pada kondisi keuangan dan performa usaha yang dijalankan. ROI dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

$$ROI\ b = \frac{Keuntungan\ sebelum\ pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$\text{ROI a} = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan:

Table 6.17 Return of Investment (ROI)

Komponen	Return
ROI sebelum pajak	32.16%
ROI setelah pajak	25.09%

6.5.2 Pay Out Time (POT)

POT merupakan waktu yang dibutuhkan agar investasi modal dapat kembali melalui keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan hingga modal yang telah ditanamkan dapat kembali sepenuhnya melalui keuntungan operasional. Rumus perhitungannya:

$$\text{POT b} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{depresiasi}}$$

$$\text{POT a} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan setelah pajak} + \text{depresiasi}}$$

FCI (*Fixed Capital Investment*) : modal yang dikeluarkan untuk pembelian dan pemasangan peralatan pabrik dan fasilitas penunjang lainnya untuk dalam jangka waktu yang cukup lama untuk selama operasi pabrik berjalan.

Keuntungan : hasil penjualan produk sebelum dikenakan pajak

Dari hasil analisis diperoleh:

Table 6.18 Pay out Time (POT)

Komponen	Waktu (Tahun)
POT sebelum pajak	2.6
POT setelah pajak	3.2

6.5.3 Break Even Point (BEP)

BEP adalah titik impas, yaitu kondisi ketika jumlah pendapatan sama dengan biaya produksi sehingga tidak terjadi keuntungan maupun kerugian.

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

Fa : *Fixed price* atau biaya tetap yang meliputi pajak, asuransi dan depresiasi

Ra : *Regulated expense* atau biaya yang jumlahnya dipengaruhi tingkat produksi

Sa : hasil penjualan produk secara keseluruhan

Va : *Variable expense* atau biaya yang berubah secara langsung dengan volume produksi atau penjualan.

Table 6.19 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)

Komponen	Biaya (Rp)
Depresiasi	Rp30,060,832,819
Property Taxes	Rp10,020,277,606
Insurance	Rp5,010,138,803
Total	Rp45,091,249,229

Table 6.20 Annual Fixed Regulated Expenses (Ra)

Komponen	Biaya (Rp)
Labor cost	Rp10,680,000,000

Overhead	Rp5,340,000,000
Supervision	Rp1,068,000,000
Laboratory	Rp1,602,000,000
GE	Rp290,519,216,210
Maintenance	Rp15,030,416,410
Plant Supplies	Rp1,503,041,641
Plant overhead	Rp5,340,000,000
Total	Rp331,082,674,261

Table 6.21 Annual Variable Value (Va)

Komponen	Biaya (Rp)
Raw Material	Rp1,560,817,438,676
Packaging and Shipping	Rp50,101,388,032
Utilities	Rp69,640,173,243
Royalties and Patent	Rp442,810,200
Total	Rp1,681,001,810,152

Table 6.22 Annual Sales Value (Sa)

Komponen	Biaya (Rp)
Annual sales value	Rp2,214,051,000,000
Total	Rp2,214,051,000,000

Nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada range 40% – 60%. Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, didapatkan nilai BEP sebesar 48%

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

SDP merupakan titik batas ketika produksi sebaiknya dihentikan karena biaya variabel terlalu tinggi atau aktivitas produksi tidak lagi ekonomis, sehingga

lebih baik menutup pabrik dan hanya menanggung Fixed Expense (Fa).

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

Ra : *Regulated expense* atau biaya yang jumlahnya dipengaruhi tingkat produksi

Sa : hasil penjualan produk secara keseluruhan

Va : *Variable expense* atau biaya yang berubah secara langsung dengan volume produksi atau penjualan.

Hasil perhitungan menunjukkan SDP sebesar 33%.

6.5.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

DCFR adalah tingkat keuntungan tahunan yang diperoleh dengan mempertimbangkan nilai waktu dari uang (time value of money), dihitung menggunakan pendekatan trial and error. Umur pabrik selama 10 tahun.

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

Table 6.23 Perhitungan *Discounted Cash Flow Rate*

Komponen	Biaya (Rp)
<i>Fixed Capital Investment</i>	Rp501,013,880,323
<i>Working Capital</i>	Rp650,363,270,475
Salvage Value (SV)	Rp30,060,832,819
Cash Flow (C)	Rp313,431,856,789.14

Dari perhitungan diperoleh DCFR (*Discounted Cash Flow Rate*) sebesar 14,6% yang artinya investor akan mendapatkan return keuntungan setiap tahun sebesar 14,6% dari uang yang disetor ke pabrik ini. Apabila DCFR jumlah persentase semakin besar, maka investor semakin untung

6.6 Analisa Resiko Pabrik

Analisa resiko pabrik dilakukan bertujuan untuk menganalisa sebuah resiko pada suatu pabrik dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan yang terjadi dengan mencari solusi untuk menangani resiko tersebut baik resiko besar maupun resiko kecil. Berdasarkan analisa risiko yang dilakukan pada pabrik butil oleat termasuk dalam kategori *low risk* yang mempertimbangkan hal sebagai berikut :

a. Kondisi Operasi

Pada pabrik butil oleat ini dirancang dengan menggunakan suhu berkisar dari 30 °C hingga pada suhu tertinggi sebesar 390 °C . Pabrik ini memiliki tekanan normal 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung cukup beresiko.

b. Identifikasi hazard

Seperti pada tabel berikut yang berisi identifikasi hazard untuk mengetahui faktor risiko dari berbagai bahan yang digunakan pada prarancangan pabrik ini, berikut untuk tabel identifikasi hazard :

Tabel 6.24 Identifikasi Hazard

Bahan	Hazard				Keterangan	Pengolahan
	Toxic	Eksplorisif	Korosif	Iritasi		
Bahan Baku						
Asam Oleat	✓				Bahan ini beracun apabila tertelan oleh manusia	tertutup sangat rapat, hindari dari cahaya
Butanol		✓		✓	Bahan ini mudah terbakar dan bisa mengakibatkan ledakan	Disimpan pada suhu ruang dan tertutup rapat
Asam Sulfat			✓	✓	Bersifat sangat korosif	Disimpan di suhu 15 – 25 °C dan pada tempat kering
Bahan Pembantu						
N-Heksana	✓	✓		✓	Bahan ini mudah	Disimpan jauh

					terbakar dan menyebabkan iritasi pada kulit	dari sumber api, gunakan ventilasi dan anti ledakan
Produk						
Butil Oleat					Bahan ini memiliki tingkat iritasi dan flammability yang rendah	Saat dipakai dianjurkan menggunakan pelindung mata

c. Bahan baku

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel diatas asam oleat, butanol sebagai bahan baku utama dianggap berbahaya dalam tingkat sedang, dengan tindakan pencegahan yang tepat, seperti disimpan dalam kondisi yang tertutup rapat , dan menyimpan di tempat yang sejuk. Sedangkan asam oleat sebagai bahan baku untuk katalis termasuk dalam kategori berbahaya tinggi dikarenakan sifat korosifnya yang tinggi.

d. Bahan pembantu

Berdasarkan data yang ada pada tabel diatas mengenai identifikasi hazard, didapatkan data untuk n-heksana sebagai bahan pembantu yang memiliki risiko berbahaya tingkat sedang. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah penyimpanan yang baik dan efisien terutama di tempat yang tidak dekat dengan sumber api dan terdapat ventilasi .

e. Produk

Butil oleat sebagai produk utama dan air sebagai produk samping memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa butil oleat harus disimpan dengan baik dan terhindar dari lingkungan luar agar terhindar kontak dengan manusia.

f. Analisa Risiko Pabrik

Salah satu aspek penting untuk mendirikan pabrik adalah dengan mempertimbangkan tingkat resikonya, apakah pabrik tersebut berisiko

rendah (low risk) atau berisiko tinggi (high risk). Penilaian risiko untuk Pabrik butil oleat yang akan dibangun ini dapat ditentukan berdasarkan parameter-parameter yang tercantum dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 6.25 Analisa Risiko Pabrik

Parameter	Deskripsi	Risk		
		Low	Middle	High
Kondisi Operasi	Suhu tertinggi hingga 390 °C		✓	
	Tekanan proses 1 atm	✓		
Proses produksi	Proses menghasilkan produk dengan bahan yang bersifat <i>toxic</i> , korosif, dll	✓		
	Terdapat komponen samping yang dapat di daur ulang	✓		
Karakteristik Bahan Baku dan Produk	Asam oleat dengan kemurnian 99% (beracun untuk manusia)	✓		
	Butanol (Mudah menguap, iritasi dan mudah terbakar)	✓		
	Asam sulfat (korosif, beracun, dan sangat iritasi)		✓	
	N-heksana (bersifat iritasi, beracun dan mudah menguap)	✓		
	Butil oleat (tidak larut dalam air, beracun dan tidak mudah terbakar)	✓		
Regulasi Pemerintah	Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Faktor Kimia di Udara		✓	

	Lingkungan Kerja untuk H_2SO_4 , butanol, $C_{22}H_{42}O_2$.			
	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.10/MENLHK/SETJEN/KUM.1 /4/2018 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah B3.		✓	
	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia NOMOR P.18/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2020 Tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun			✓
Lokasi Pabrik	Pabrik direncanakan di Kawasan Industri Gresik, kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur yang sudah dilengkapi infrastruktur, referensi teknis, dan sistem keamanan operasional yang memadai	✓		

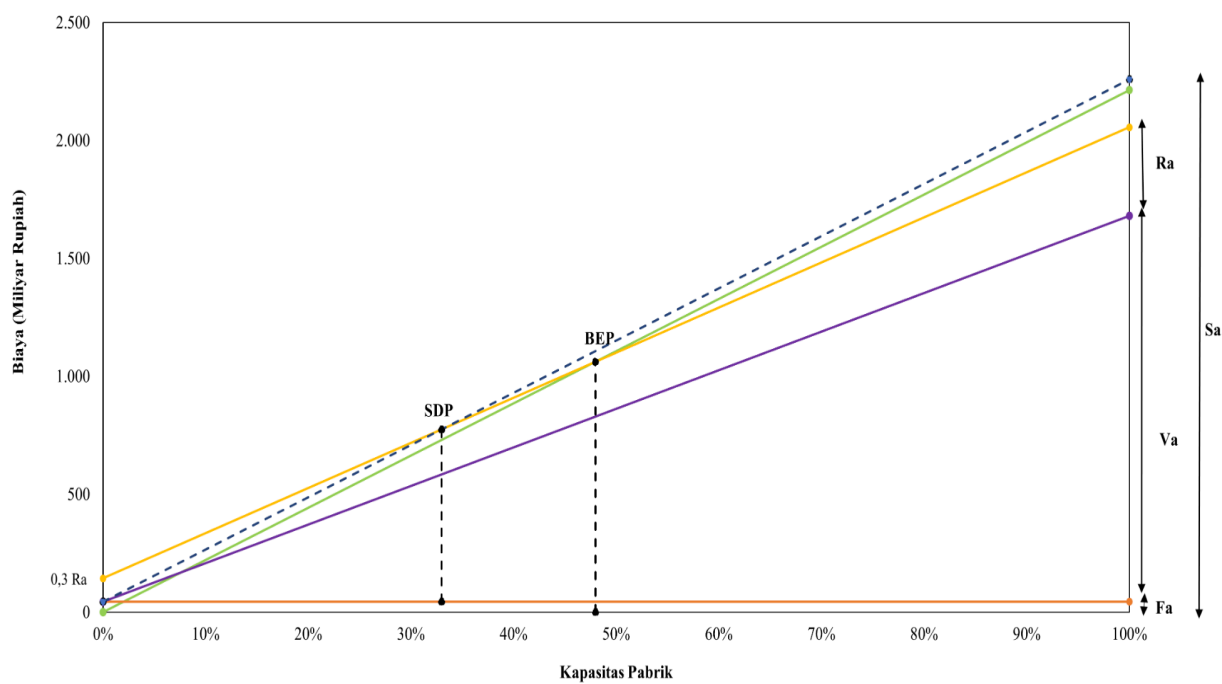
Berdasarkan Parameter diatas dapat disimpulkan prarancangan pabrik butil oleat ini memiliki risiko yang tinggi atau disebut *low risk*.

Tabel 6.26 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Syarat	Kesimpulan
ROI	Sebelum pajak : 32% Setelah pajak : 25%	ROI sebelum pajak pabrik low risk : min 11%	Layak
POT	Sebelum pajak : 2,6 tahun	POT sebelum pajak low risk:	Layak

	Setelah pajak : 3,2 tahun	max 5 tahun	
BEP	48%	Berkisar: 40-60%	Layak
SDP	33%	Tidak ada ketentuan	Layak
DCFR	14,6%	Lebih dari dua kali bunga bank saat ini 9,5%	Layak

Hasil dari perhitungan kelayakan ekonomi pada pendirian pabrik butil oleat dari asam oleat dan butanol dengan kapasitas 38.000 ton/tahun dapat dilihat melalui grafik Break Even Point pada Gambar berikut:



Gambar 6.3 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan prarancangan pabrik butil oleat dari asam oleat dan butanol dengan kapasitas 38000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pendirian pabrik butil oleat dari asam oleat dan butanol bertujuan untuk memenuhi kebutuhan butil oleat di Indonesia dan mengurangi kegiatan impor dan membangun pertumbuhan ekonomi dalam negeri. Serta menyediakan tenaga kerja untuk pekerja lokal.
2. Butil oleat diproduksi dari bahan baku asam oleat dan butanol dengan melalui proses esterifikasi pada suhu 100 °C dengan menggunakan bantuan katalis asam sulfat.
3. Pabrik akan didirikan di Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur dengan pertimbangan beberapa aspek yaitu ketersediaan bahan baku, pemasaran, utilitas, transportasi, tenaga kerja, letak geografis dan privilege yang dimiliki dari kawasan industri tersebut.
4. Prarancangan pabrik butil oleat dari asam oleat dan butanol dengan kapasitas 38.000 ton/tahun ini tergolong sebagai pabrik dengan risiko tinggi berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta asal bahan baku, namun secara persaingan bisnis tergolong dengan resiko rendah dikarenakan belum ada pabrik butil oleat yang berdiri di Indonesia hingga tahun 2025 saat ini.
5. Berdasarkan peninjauan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik butil oleat dari asam oleat dengan kapasitas 38.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Lewis, R.J. 2001. Hawley's Condensed Chemical Dictionary 14th Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Assauri, Sofyan, Drs. 1978. Manajemen Produksi. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

Assauri, S. (2004). Manajemen Produksi dan Operasi. Edisi Revisi. Lembaga Penerbit FE-UI, Jakarta.

BPS, 2019. Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2019. Badan Pusat Statistik Indonesia, Jakarta.

Chemwatch. (2024). *Asam Oleat*. Diakses pada 29 Maret 2025, dari <https://chemwatch.net/id/resource-center/oleic-acid/>

Flinn Scientific. (2015). *n-Butyl Alcohol Safety Data Sheet (SDS)*. Diakses pada 29 Maret 2025, dari https://www.flinnsci.com/sds_181-n-butyl-alcohol/

Montoya, C., R. Lopez, A. Flori, D. Cros, T. Cuellar, M. Summo, S. Espeout, R. Rivallan, A.M. Risterucci, D. Bittencourt, J.R. Zambrano, H. Wilmar, G. Alarcon, P. Villeneuve, M. Pina, B. Nuoy, P. Amblard, E. Ritter, T. Leroy, and N. Billotte. 2013. Quantitative trait loci (QTLs) analysis of palm oil fatty acid composition in an interspecific pseudo-backcross from *Elaeis oleifera* (H.B.K.) *cortesi* and oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Tree genetics and Genomes*. 9: 1207-1225.

Green, E. M. (2011). "Fermentative production of butanol—the industrial perspective." *Current Opinion in Biotechnology*, 22(3), 337-343. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.02.004.

Ginting,P.2007.Sistem Pengolahan Lingkungan dan Limbah Industri.Rama Widya.Bandung.Hal 119-120.

Perry, R. H. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition.

United States of America. The McGraw Hill Companies.

Perry's, R. H. 2018. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 9th edition. Mathematica notebook: (M.T.A.2)]

PubChem. (2025). *Sodium Hydroxide*. Diakses 29 Maret 2025, dari <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-hydroxide>

PubChem. (2025). *Sodium Sulfate*. Diakses 29 Maret 2025, dari <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-sulfate>

Haryono, A. 2006, Pengembangan Plasticizer Pengganti DOP dari Turunan Minyak Sawit. Pusat Penelitian Informatika LIPI : Bandung.

Vieira, M.G.A., Mariana, A.D.S., Licielen, O.D.S., Marisa, M.B. 2011, NaturalBased Plasticizer And Biopolymer Films: A Review. European Polymer Journal 47, 254-263.

Sutarti, M., Rachmawati, M. (1994) Zeolit : Tinjauan Literatur. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jakarta.

Sigma-Aldrich. (2025). *Sulfuric Acid Safety Data Sheet (SDS)*. Diakses pada 29 Maret 2025, dari <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/sds/sial/258105>

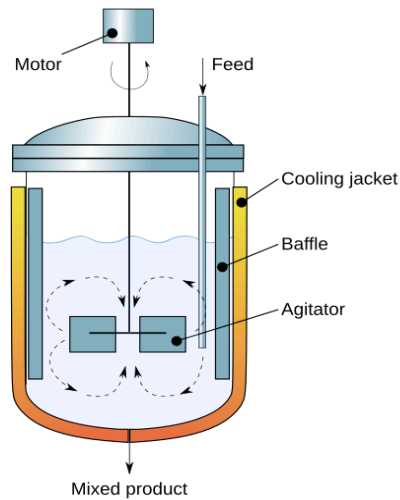
Nasikin, M., Wahid, A., Iswara, G. 2006, Perengkahan Katalitik Fasa Cair Minyak Sawit Menjadi Biogasolin. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia : Palembang.

Selly, M. 2015. Kajian Awal Pengaruh Waktu Reaksi Dan Rasio Molar Asam Oleat Dengan Butanol Terhadap Sifat Fisiko Kimia Plastisizer Butil Oleat. Jurnal Riset Kimia, 7, 145.

Long, Xu, et al. 2013. Study on Synthesis of butyl oleate catalyzed by Ceric Ammonium Sulfate. International Journal of Scientific & Engineering Research, China. Vol.4No.2 (1086-1088).

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. PERANCANGAN REAKTOR

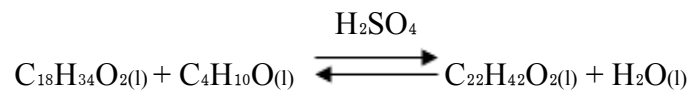


Gambar A.1 Reaktor CSTR

Tugas	: Mereaksikan asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) dengan n-butanol (C_4H_9OH) dengan bantuan katalis pelarut asam sulfat (H_2SO_4) menjadi butil oleat.
Fase	: Cair-cair
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Bahan Konstruksi	: Stainless Steel 316 AISI (18Cr,12Ni,2.5Ni)
Internal Pressure	: 25 psi
Kondisi Operasi	
Suhu (T)	: 100°C
Tekanan (P)	: 1 atm
Waktu Tinggal (τ)	: 1,48 Jam
Konversi	: 99%
Reaksi	: Endotermis

Reaksi utama berlangsung antara asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) dan n-butanol (C_4H_9OH), yang menghasilkan senyawa butil oleat ($C_{22}H_{42}O_2$). Proses ini dipercepat dengan menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4), dengan rasio pereaksi asam oleat terhadap butanol sebesar 1 : 5.

- Reaksi yang terjadi di reaktor :



Reaksi esterifikasi antara asam oleat dan n-butanol termasuk ke dalam reaksi orde dua (Othmer dan Rao, 1950). Dengan demikian, persamaan reaksinya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Keterangan:

- rA = laju reaksi (kmol/L.jam)
- k = konstanta laju reaksi (L.kmol/jam)
- C_A = konsentrasi umpan A (kmol/L)
- C_B = konsentrasi umpan B (kmol/L)
- A = Asam oleat
- B = Butanol

Maka nilai, k = 6.74 liter/mol.menit

k = 404.4 m³/kmol.jam

- Konsentrasi umpan mula-mula
 - Konsentrasi Asam Oleat

$$C_{Ao} = \frac{n_a}{Fv}$$

$$\begin{aligned} C_{Ao} \text{ (asam oleat)} &= 1,09 \text{ mol/liter} \\ - \text{ Konsentrasi Butanol} & \end{aligned}$$

$$C_{Bo} = \frac{nb}{Fv}$$

$$C_{Bo} \text{ (Butanol)} = 459,5834 \text{ mol/liter}$$

- Konsentrasi umpan

$$C_A = C_{Ao} \times (1-X)$$

$$C_B = C_{Bo} - (C_{Ao} \times X)$$

$$C_A = 0,0110 \text{ M}$$

$$C_B = 4,4059 \text{ M}$$

- Volume reaktor

$$C_{Ao} = 1,098 \text{ kmol/m}^3$$

$$F_{Ao} = 14,31 \text{ kmol/jam}$$

$$X_A = 0,99$$

$$V = \frac{F_{Ao} \times X_A}{-r_A}$$

Maka, didapatkan nilai volume sebesar :

$$V = 290,3 \text{ m}^3$$

A.1 Menentukan Optimasi Reaktor

1. Perhitungan Jumlah Reaktor

Jumlah reaktor ditentukan melalui metode trial dengan menghitung konversi pada tiap reaktor. Dari perhitungan tersebut, volume reaktor paralel kemudian diperoleh menggunakan bantuan Excel.

- Dalam 1 unit reaktor

$$V = 290,28 \text{ m}^3$$

$$\tau = 1,47 \text{ jam}$$

$$x_A = 85,60\%$$

- Dalam 2 unit reaktor

$$V = 11,49 \text{ m}^3$$

$$\tau = 1,49 \text{ jam}$$

$$x_A = 95,2\%$$

- Dalam 3 unit reaktor

$$V = 3,65 \text{ m}^3$$

$$\tau = 1,49 \text{ jam}$$

$$x_A = 97,6\%$$

- Dalam 4 unit reaktor

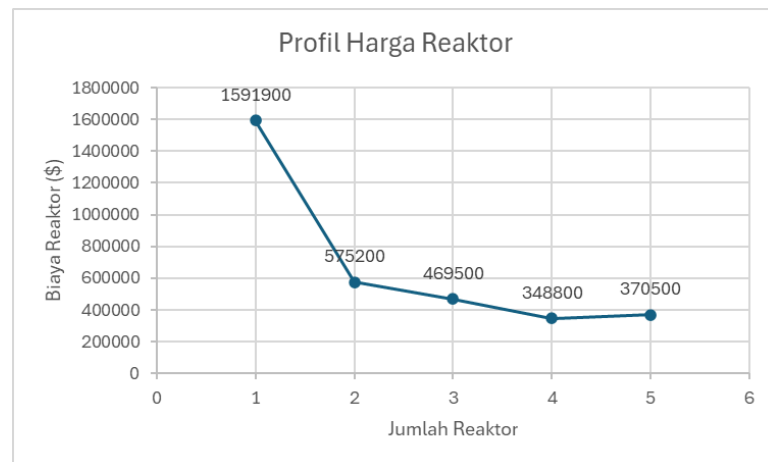
$$V = 1,21 \text{ m}^3$$

$$\tau = 1,49 \text{ jam}$$

$$x_A = 99\%$$

2. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum

n	Volume Total (Gallon)	Harga per Unit	Harga Total
1	76692.91	\$ 1591900	\$ 1591900
2	3037.69	\$ 287600	\$ 575200
3	964.33	\$ 156500	\$ 469500
4	319.68	\$ 87200	\$ 348800



Gambar A.2 Grafik Hubungan antara Jumlah dan Harga Reaktor

Pertimbangan volume : $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$

Pertimbangan harga reaktor : $R_1 > R_2 > R_3 > R_4$

Berdasarkan pertimbangan volume ($V_1 > V_2 > V_3 > V_4$) dan harga reaktor ($R_1 > R_2 > R_3 > R_4$), penggunaan empat reaktor paralel dipilih sebagai opsi paling optimal karena lebih efisien dalam kapasitas, lebih mudah dikendalikan, serta lebih ekonomis dibandingkan satu reaktor tunggal.

Ditinjau dengan memperhatikan biaya reaktor, maka reaktor yang dipakai yaitu 4 buah dengan volume masing-masing reaktor adalah $1,21 \text{ m}^3$ dan dibuat dengan *over design* memperhatikan keamanan 20% maka volume yang digunakan adalah $1,45 \text{ m}^3$.

A.2 Neraca Massa

Waktu produksi dalam 1 tahun : 330 hari

Kapasitas produk butil oleat : 38.000 ton/tahun

Tabel A4.2 Neraca Massa Reaktor 1

Neraca Massa pada Reaktor (R-01)				
Komponen	Aliran Masuk			Aliran Keluar
	Arus 1	Arus 2	Arus 17	Arus 4
Asam Oleat	4015.29	0.00	111.42	814.72
n-Butanol	0.00	1394.97	3100.69	3521.26
Asam Sulfat	0.00	1753.77	7.47	1766.69
Air	0.00	272.55	0.00	451.84
Asam Palmitat	3.78	0.00	34.06	32.39
Butil Oleat	0.00	0.00	0.00	4107.10
Subtotal	4019.08	3421.29	3253.63	10694.00
Total	10694.01			10694.01

Tabel A4.3 Neraca Massa Reaktor 2

Neraca Massa pada Reaktor (R-02)		
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Arus 4	Arus 5
Asam Oleat	814.72	354.11
n-Butanol	3521.26	3470.59
Asam Sulfat	1766.69	1763.06
Air	451.84	502.52
Asam Palmitat	32.39	36.02
Butil Oleat	4107.10	4567.71
Subtotal	10694.00	10694.00
Total	10694.01	10694.00

Tabel A4.4 Neraca Massa Reaktor 3

Neraca Massa pada Reaktor (R-03)		
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Arus 5	Arus 6
Asam Oleat	354.11	238.95
n-Butanol	3470.59	3457.92
Asam Sulfat	1763.06	1762.15
Air	502.52	515.19
Asam Palmitat	36.02	36.93
Butil Oleat	4567.71	4682.86
Subtotal	10694.00	10694.00
Total	10694.00	10694.00

Tabel A4.5 Neraca Massa Reaktor 4

Neraca Massa pada Reaktor (R-04)		
Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Arus 6	Arus 7
Asam Oleat	238.95	123.80
n-Butanol	3457.92	3445.25
Asam Sulfat	1762.15	1761.24
Air	515.19	527.86
Asam Palmitat	36.93	37.84
Butil Oleat	4682.86	4798.015
Subtotal	10694.00	10694.00
Total	10694.00	10694.00

A.3 Neraca Panas

Nilai dari kapasitas panas diperoleh dari data buku yaws, 1999 dengan persamaan :

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

Dimana :

C_p : Kapasitas panas pada suhu T, J/mol.K

A,B,C,D : Konstanta untuk masing-masing zat

T : Suhu, K.

Tabel A4.6 Nilai kapasitas panas

Komponen	Rumus Kimia	A	B	C	D	T Min	T Max	$C_p @ 25\text{ C}$
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	278.68 6	2.54E+0 0	-5.44E-0 3	4.92E-0 6	288	703	684.32
n-Butanol	C_4H_9OH	83.877	5.66E-0 1	-1.72E-0 3	2.28E-0 6	185	507	160.12
Air	H_2O	92.053	-4.00E-0 2	-2.11E-0 4	5.35E-0 7	273	615	75.55
Asam Sulfat	H_2SO_4	26.004	7.03E-0 1	-1.39E-0 3	1.03E-0 6	298	879	139.95
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	86.29	3.52E+0 0	-7.32E-0 3	6.10E-0 6	337	698	-
n-Hexana	C_6H_{14}	78.848	8.87E-0 1	-2.95E-0 3	4.20E-0 6	179	457	192.63
Butil Oleat	$C_{22}H_{42}O_2$	178.42 3	3.67E+0 0	-7.97E-0 3	7.10E-0 6	300	688	-

- Hasil perhitungan neraca panas reaktor :

Tabel A4.7 Neraca Panas Reaktor 01

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	3391.24	1.36
n-Butanol	15485.15	158.23
Air	102.34	661.31
Asam sulfat	67.19	20.14
Asam Palmitat	35.17	0.47
Butil Oleat	0.00	44.59
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	17355.92
Total	19081.09	19081.09

Tabel A4.8 Neraca Panas Reaktor 02

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	669.52	1.36
n-Butanol	12128.88	158.23
Air	663.35	661.31
Asam sulfat	17.24	20.14
Asam Palmitat	30.10	0.47
Butil Oleat	0.00	44.59
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	11783.91
Total	13509.09	13509.09

Tabel A4.9 Neraca Panas Reaktor 03

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	291.00	2.62
n-Butanol	11954.33	158.81
Air	661.99	661.65
Asam sulfat	19.17	19.65
Asam Palmitat	33.48	0.46
Butil Oleat	0.00	43.52
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	11234.17
Total	12959.97	12959.97

Tabel A4.10 Neraca Panas Reaktor 04

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Asam Oleat	196.37	1.36
n-Butanol	11910.70	158.23
Air	661.65	661.31
Asam sulfat	19.65	20.14
Asam Palmitat	34.32	0.47
Butil Oleat	0.00	44.59
ΔHR	0.00	839.08
Qpemanas	0.00	11097.51
Total	12822.69	12822.69

A.4 Mechanical Design

Pada desain mekanis reaktor CSTR dirancang berdasarkan sumber dari Brownell, 1959 , sebagai berikut :

- Bentuk dan Bahan Reaktor

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup berbentuk
torispherical flange and dished head

Bahan : *Stainless Steel (SA) 316 Grade SA type 167*

- Menentukan Diameter dan Tinggi Tangki

Perbandingan diameter dan tangki menggunakan 1:1

H:D (Brownell and Young, 1959 halaman 43 tabel 3.3)

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

$$D = 1,15 \text{ m}$$

$$H = 1,15 \text{ m}$$

$$\text{Dengan Volume} = 1,21 \text{ m}^3 = 319,64 \text{ gallon}$$

Berdasarkan buku *Pressure Vessel: The ASME Code Simplified* oleh J.Philip Ellenberger Table A.1, volume *shell* standar yaitu sebesar 319,64 gallon dengan ukuran *inner diameter* (ID) 10 in.

- Menentukan Tekanan Desain

Tekanan desain dihitung menggunakan *Overdesign* 20%

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{reaksi}}$$

$$= 1,2 \text{ atm}$$

$$P_{\text{reaksi}} = 17,64 \text{ psi}$$

Menghitung tekanan hidrostatik, sebagai berikut :

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho_{\text{Campuran}} \times g \times h$$

$$\begin{aligned}\rho : \text{Densitas campuran} &= 820,83 \text{ kg/m}^3 \\ g : \text{Gravitasi} &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\ h : \text{Tinggi cairan} &= 0,85 \text{ m} \\ P_{\text{hidrostatik}} &= 6451,97 \text{ Pa} \\ &= 0,93 \text{ psi}\end{aligned}$$

Menghitung tekanan operasi, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{\text{operasi}} &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{reaksi}} \\ &= 0,93 \text{ psi} + 17,64 \text{ psi} \\ &= 18,57 \text{ psi} \\ &= 1,26 \text{ atm}\end{aligned}$$

Menghitung tekanan desain, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{\text{design}} &= 1,2 \times P_{\text{operasi}} \\ P_{\text{design}} &= 1,2 \times 18,57 \text{ psi} \\ &= 22,28 \text{ psi} \\ &= 1,51 \text{ atm}\end{aligned}$$

- **Menentukan Tebal *Shell***

$$t_s = \frac{P_d r_i}{f E - 0,6 P_d} + C$$

(Peter, table 4, hal 537)

Dimana :

$$\begin{aligned}P : \text{Tekanan design} &= 22,28 \text{ psi} \\ r_i : \text{Jari-jari bagian dalam tangki} = \frac{1}{2} \text{ ID} &= 5 \text{ in} \\ f : \text{max allowable stress} &= 18750 \text{ psi}\end{aligned}$$

(Brownell & Young, app. D, item 4, hal 342)

Jenis penyambungan : *double welded joint*

(Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)

$$\begin{aligned}E : \text{welded joint efficiency} &= 0,8 \\ C : \text{Corrosion Allowance} &= 0,0125 \text{ in/tahun}\end{aligned}$$

(Tabel 6, Peters, hal 542)

$$\begin{aligned}\text{Umur Alat} &= 10 \text{ tahun} \\ C &= 0,1250 \text{ in}\end{aligned}$$

(Brownell & Young, tabel 3.1, hal.37)

Sehingga,

$$ts = \frac{22,28 \text{ psi} \times (1,15 \text{ m}/2)}{(18750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 22,28 \text{ psi})} + 0,125$$

$$ts = 0,126 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 5.7 Brownell, tebal tangki standar adalah 0,1875 in.

a. Menentukan Diameter Reaktor

- Diameter luar shell (OD)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + 2ts \\ &= 1,55 \text{ m} + (2 \times 0,0048 \text{ m}) \\ &= 1,165 \text{ m} \\ &= 45,83 \text{ in}\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.7 Brownell, diameter tangki (OD) standar adalah 46 in atau 1,168 m.

- Diameter dalam shell (ID) adalah

$$\begin{aligned}\text{ID} &= \text{OD} - 2ts \\ &= 45,99 \text{ in} \\ &= 1,17 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Menentukan Tinggi Tangki Termasuk Head (th)

Bentuk : *Torispheical head (flange and dishead head)*

Bahan : *Stainless steel SA 316 Grade SA 167*

- o Tebal head (th)

Berdasarkan tabel 5.7, Brownell & Young, hal 90, didapat:

$$\begin{aligned}\text{Icr} &= 3 \text{ in} \\ r &= 48 \text{ in}\end{aligned}$$

$$W = 1/4 \times (3 + (r_c/r_i)^{1/2})$$

Dimana :

W = stress intensification factor for torispherical head

r_c = radius of crown = $r = 48$ in

r_i = inside corner radius = $icr = 3$ in

W = 2,375 in

$$th = \frac{p \times r_c \times W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + c$$

$$th = 0,129 \text{ in}$$

Diambil th standar = 0,1875 atau 3/16 (Brownell & Young, Tabel 5.6, hal 88).

Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk th 0,1875 in : Standart straight flange (Sf) = 1,5- 2 in (dipilih Sf = 1,5 in) ,th = 0,1875 in icr = 0,5625 in Untuk menghitung tinggi head digunakan penjelasan pada fig. 5.8, Brownell & Young, hal 87.

o Menentukan *depth of dish (inside)*

$$b = rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

rc : Radius of Dish = 48 in

icr : Inside corner radius = 0,5625 in

ID : Diameter dalam head = 45,99 in

b = 7,7 in

o Menghitung tinggi head

Menentukan *Overall dimension (OA)*

$$OA = th + b + sf$$

$$th : \text{tebal head} = 0,129 \text{ in}$$

$$b : \text{Dept of dish (inside)} = 7,7 \text{ in}$$

$$sf : \text{Straight flange} = 1,5$$

$$OA = 9,4 \text{ in}$$

$$= 0,23 \text{ m}$$

Maka, tinggi total tangki :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki total shell} &= \text{tinggi head} + \text{tinggi bottom} + \text{tinggi shell} \\ &= 0,23 \text{ m} + 0,23 \text{ m} + 1,15 \text{ m} \\ &= 1,51 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Menghitung Volume Total Reaktor

$$V_h = 0,000049 \times ID^3 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{ID}{12} \right)^2 \frac{sf}{12}$$

$$\begin{aligned} V_h &= 8236,63 \text{ in}^3 \\ &= 0,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reaktor} &= \text{Volume Shell} + 2(\text{Volume Head}) \\ &= 1,47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

d. Menentukan Tinggi Cairan di Shell

$$h_{shell} = A_{total} / V_{cairan \text{ shell}}$$

Dimana , A_t adalah luas permukaan reaktor :

$$A_t = \frac{\pi}{4} \times ID^2$$

ID	= 10 in
	= 0,25 m
A _{total}	= 1,07 m ³
V _{shell}	= 1,21 m ³
h cairan	= 1,03 m
V cairan di shell	= V shell – V bottom
	= 1,075 m ³

- Menentukan Luas Muka Reaktor

$$A_{total} = A_{shell} + 2x A_{Head}$$

$$A_{total} = (\pi \cdot ID \cdot H) + 2 \left(\frac{\pi}{4} \cdot De^2 \right)$$

Dimana De merupakan diameter ekivalen, sebagai berikut :

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2sf + \frac{2}{3} \text{cir}$$

ID	= 7,69 in
----	-----------

H	= 1,15 in
---	-----------

OD	= 46 in
----	---------

Sf	= 1,5 in
----	----------

Icr	= 3 in
-----	--------

De	= 52,09 in
----	------------

Maka, A total	= 4288,72 in
---------------	--------------

	= 2,76 in
--	-----------

e. Merancang *Impeller*

Viskositas campuran dalam reaktor = 1,6 Cp

- o Pada buku Walas 1998 Hal.288 nilai h/DT untuk Viskositas < 25 Cp

maka : Tinggi larutan dalam *Shell* = 1,003 m

Diameter ASME (D_t) = 0,254 m

H/D_t = 1,3

Jadi jumlah pengaduk = 1 buah

Dari Tabel 3.4.1. (Geankoplis Hal 144) diperoleh data :

D_t/D_i = 3

Z_i/D_i = 2,7 - 3,9 , dipilih 3

Z_i/D_i = 0,75 - 1,3 , dipilih 1,3

w_b/D_i = 0,17

L/D_i = 0,25

Maka , didapatkan nilai :

Diameter Turbin (D_i) : $D_t/3$ = 0,43 m

Panjang Turbin dari Dasar (Z_i) : $D_i \cdot 1,3$ = 0,57 m

Lebar Pengaduk (L) : $D_i \cdot 0,25$ = 0,109 m

Tinggi Cairan (H) : $1,1 \times D_t$ = 1,003 m

Volume Total = Luas Penampang Mixer x Tinggi cairan dengan Pengaduk

Volume Total = 4,34 m³

o Menentukan jenis *impeller*

Berdasarkan buku McCabe and Smith 5ed, 1993 Hal : 243, didapatkan pemilihan *impeller* sebagai berikut :

Jenis *impeller* = turbin dengan 6 *flat blades*

Jumlah *baffle* = 4 buah terpisah 90 °

Jumlah blade = 6 buah

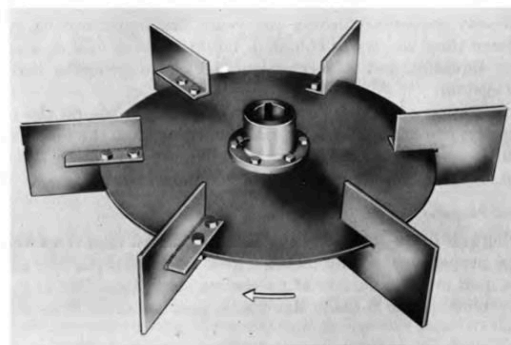


Figure 1-2. 6 blade flat blade turbine with removable blades.
(Courtesy Mixing Equipment Co.)

Gambar A.3 *Turbine with six flat blades*

o Menghitung dimensi pengaduk



Gambar A.4 Pengaduk di reaktor

$$\text{Lebar } \textit{baffle} \text{ (wb): } D_i \times 0,17 = 0,07 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pengaduk (L) : } D_i \times 0,25 = 0,109 \text{ m}$$

$$\text{Tebal } \textit{baffle} \text{ (Wb) : } 1/5 \times D_i = 0,07 \text{ m}$$

f. Menentukan Kecepatan Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2D_i}}$$

Dimana, $WELH = H \text{ cairan} \times S_g$

$$S_g = 0,82$$

$$H \text{ cairan} = 1,003 \text{ m}$$

$$WELH = 0,826 \text{ m}$$

$$\text{Maka, } N = 39,46 \text{ rpm}$$

$$= 0,65 \text{ rps}$$

g. Menghitung Power Pengaduk

. Menghitung bilangan reynold, sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho \times Ni \times Di^2}{\mu}$$

Dimana :

ρ : Densitas Campuran	= 820,83 kg/m ³
	= 0,82 g/cm ³
μ : Viskositas Campuran	= 0,016 g/cm.s
Ni : Kecepatan putar pengaduk	= 0,65 rps
Di : Diameter impeller	= 0,43 m
	= 43 cm
Re	= 64996,89

Berdasarkan Brown fig 477, hal 507. Didapatkan nilai *Power Number* (Np) = 6

i. Menentukan power aktual

$$Pa = \frac{Np \times \rho \times Ni^3 \times Di^5}{Re}$$

Dimana :

gc	= 9,8 m/s ²
----	------------------------

Menurut fig.4.2 Ulrich, 1984 didapatkan efisiensi 88% didapatkan Pa adalah 23.327.767,82 g.cm²/s³ atau 23,32 Watt atau 0,03 Hp. Dengan standar NEMA di buku Rase & Barrow 1957, hal 358 didapatkan power dengan nilai 1/20 atau 0,05 Hp.

LAMPIRAN B

Kartu Konsultasi Bimbingan

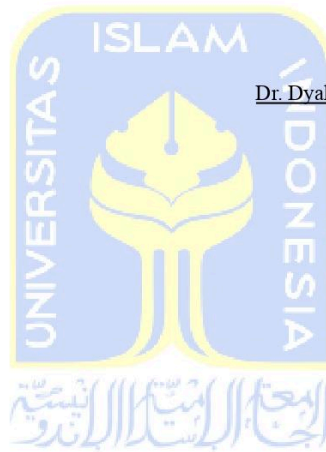
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Nur Zaki
 NIM : 21521043
 Nama Mahasiswa 2 : Iyang Bachtiar
 NIM : 21521093
 Judul Perancangan : Pra Rancangan Pabrik Butil Oleat dari Asam oleat dan Butanol dengan Kapasitas 38000 Ton/Tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 18 Maret 2025
 Selesai Masa Bimbingan : 31 Oktober 2025
 Nama Dosen Pembimbing : Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng

NO	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1	18 Maret 2025	Bimbingan perdana konsultasi judul	CR
2	16 April 2025	Bimbingan kapasitas, kinetika dan sifat kimia komponen	CR
3	16 Mei 2025	Bimbingan pembuatan diagram alir	CR
4	24 Mei 2025	Perancangan diagram alir di aspen plus 14 dan neraca massa	CR
5	4 Juni 2025	Perancangan proses pemisahan pada diagram alir	CR
6	12 Juni 2025	Perancangan arus aliran proses produksi dan daur ulang	CR
7	30 Juni 2025	Perancangan reaktor	CR
8	4 Juli 2025	Optimasi reaktor	CR
9	12 Juli 2025	Perancangan reaktor bagian <i>mechanical design</i>	CR
10	22 Juli 2025	Perhitungan harga reaktor	CR
11	6 Agustus 2025	Spesifikasi alat pemisah	CR
12	3 September 2025	PEFD dan spesifikasi tangki penyimpanan	CR

13	18 September 2025	Spesifikasi alat transportasi cair	CR
14	24 September 2025	Perancangan <i>heat exchanger</i> , neraca panas, utilitas, dan evaluasi ekonomi	CR
15	2 Oktober 2025	Penyusunan naskah	CR
16	8 Oktober 2025	perbaikan sedikit pada naskah	CR

Disetujui Draft Penulisan
Yogyakarta, 13 Oktober 2025
Pembimbing



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

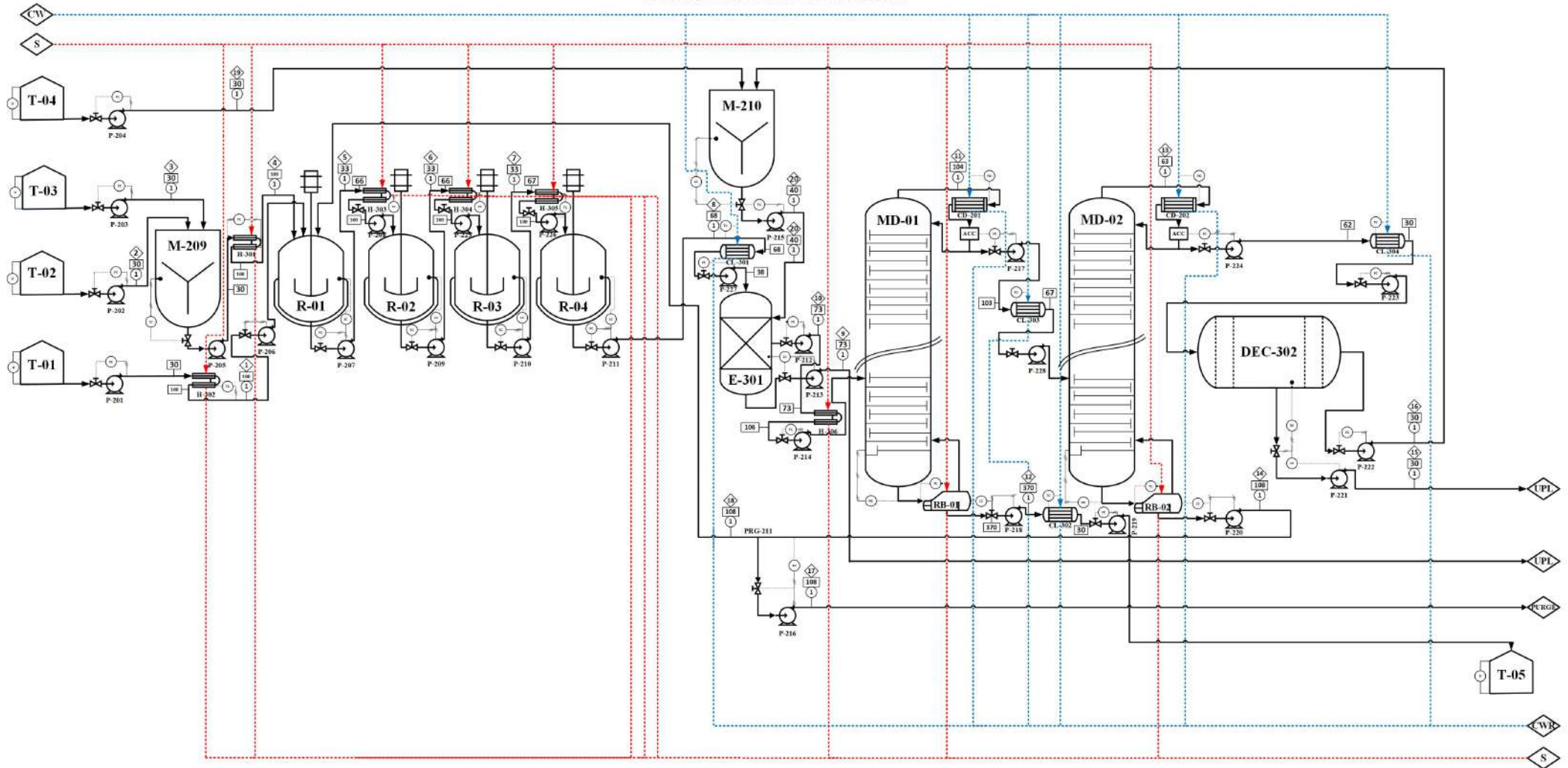
LAMPIRAN C

Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

204

206

**PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL OLEAT DARI ASAM OLEAT DAN BUTANOL
KAPASITAS 38000 TON/TAHUN**



Komponen	Neraca Massa																			
	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	Arus 19	Arus 20
Asam Oleat	3947.33	0	0	0	814.72	534.99	360.06	219.76	0	219.76	217.56	2.2	0	217.56	0	0	21.76	195.81	0	0
n-Butanol	0	1367.07	0	1367.07	3521.26	3490.49	3471.24	3455.81	0	3455.81	3421.25	34.56	0.03	3421.22	0	0.03	251.79	3169.42	0	0
Asam Sulfat	0	0	1753.77	1753.77	1766.69	1764.48	1763.1	1762	1752.94	9.06	8.97	0.09	0	8.97	0	0	0.9	8.07	0	0
Air	0	236.61	35.94	272.56	451.84	482.62	501.86	517.3	300.37	216.93	214.76	2.17	214.76	0	214.76	0	0	0	0	0
Asam Palmitat	3.78	0	0	0	32.39	34.6	35.98	37.08	0	37.08	36.71	0.37	0	36.71	0	0	3.67	33.04	0	0
Butil Oleat	0	0	0	0	4107.1	4386.83	4561.76	4702.05	0	4702.05	47.02	4655.03	0	47.02	0	0	4.7	42.32	0	0
n-Heksana	0	0	0	0	3393.4	0	0	0	0	19900.7	19701.7	199.01	19701.7	0	0.19	19701.5	0	0	100	19801.5
SubTotal	3951.12	1603.88	1789.71	3393.4	10694	10694	10694	10694	2053.31	28541.4	23647.9	4893.43	19916.5	3731.48	214.95	19701.5	282.82	3448.66	100	19801.5

KETERANGAN ALAT	
T	TANGKI PENYIMPANAN
M	MIXER
R	REAKTOR
E	EKSTRAKTOR
MD	MENARA DISTILASI
RB	REBOILER
P	POMPA
CL	COOLER
CD	CONDENSOR
H	HEATER
S	STEAM
CW	COOL WATER
UPL	UNIT PENGENDALIAN LIMBAH
PURGE	PENGENDALIAN ALIRAN
CWR	COOL WATER RETURN
DEC	DECANTER

DC	DENSITY CONTROL
ACC	AKUMULATOR
NOMOR ARUS	NOMOR ARUS
TEMPERATUR	TEMPERATUR
TEKANAN (ATM)	TEKANAN (ATM)
LI	LEVEL INDIKATOR
LC	LEVEL CONTROL
FC	FLOW CONTROL
FI	FLOW INDIKATOR
TI	TEMPERATUR INDIKATOR
TC	TEMPERATUR CONTROL

→	ARUS PROSES
→	ARUS STEAM
→	ARUS COOLING WATER
→	ARUS SINYAL LISTRIK
CV	CONTROL VALVE

Disusun Oleh :	
Nama : Muhammad Nur Zaki NIM : 21521043	Nama : Iyang Bachtiar NIM : 21521093
Dosen Pembimbing : Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. NIP. 105210101	
FLWSHEET PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL OLEAT DARI ASAM OLEAT DAN BUTANOL KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN	
 PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA 2025	