

**PABRIK BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT  
DAN BUTANOL DENGAN KAPASITAS  
30.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

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



**Oleh:**

**Nama : Iqnaa Safana Haniar**

**NIM : 19521085**

**Nama : Erine Erika**

**NIM : 19521109**

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

**2023**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL**

**PRARANCANGAN PABRIK BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT  
DAN N-BUTANOL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini:**

**Nama : Iqnaa Safana Haniar**  
**NIM : 19521085**

**Nama : Erine Erika**  
**NIM : 19521109**

Yogyakarta, Agustus 2023

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

Ttd

  
Iqnaa Safana Haniar

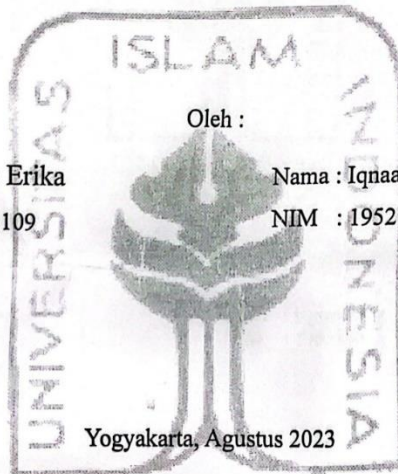
Ttd

  
Erine Erika

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING  
PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT  
DAN N-BUTIL AKRILAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK



Oleh :  
Nama : Erine Erika  
NIM : 19521109  
Nama : Iqnaa Safana Hanjar  
NIM : 19521085

Yogyakarta, Agustus 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
Pembimbing

*Arif Hidayat*  
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT  
DAN BUTANOL KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

#### PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Iqnaa Safana Haniar                      Nama : Erine Erika  
NIM : 19521085                                      NIM : 19521109

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

Yogyakarta, Agustus 2023

Tim Penguji,  
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.  
Ketua

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

Ifa Puspasari, S.T., M.T., Ph.D.  
Anggota II

*Arif Hidayat* 21/8/2023

*Sholeh Ma'mun* 21/8/23

*Ifa Puspasari* 20/8/23

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



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

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Kimia Butil akrilat dari Asam Akrilat dan Butanol dengan kapasitas 30.000 Ton/Tahun” ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapatkan selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, dan merupakan sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

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

1. Allah SWT atas segala kelimpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
5. Bapak Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2019 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
8. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Yogyakarta, Agustus 2023

Penyusun

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat serta hidayah-Nya yang telah memberikan nikmat yang sangat luar biasa, memberikan saya kekuatan, kesehatan, membekali saya ilmu pengetahuan. Atas karunia serta kemudahan yang diberikan akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.

Segala perjuangan saya hingga titik ini. Saya persembahkan untuk orang-orang hebat dan saya sayangi yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Saya persembahkan untuk:

1. Untuk orang tua (Hanurdi dan Deswita), kakak (Cindy Cleodora), dan abang (Farouq Faisal) tercinta yang tiada henti—hentinya selalu mendoakan saya, selalu memberikan kasih sayang dan selalu memberikan semangat kepada saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Untuk dua kakak tingkat saya yang bernama Vannisya Rifina Putri dan Fauzan yang telah menemani dan mengenalkan saya dengan dunia kampus dari status mahasiswa baru hingga saya tamat dari kampus ini. Mereka yang membimbing saya, mengajarkan saya banyak ilmu, dan membantu banyak hal dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Untuk teman-teman saya yang telah menemani saya dari semester 1 hingga akhir masa kuliah yaitu Iqnaa Safana Haniar, Ella Dwi Purnama, Ussy Alfina Oktavia, Esti Warapsari, Kirey Aprillicia Indriyani dan orang-orang yang pernah terlibat dengan saya di organisasi dan kepanitiaan. Saya berterimakasih karena telah mewarnai kehidupan kuliah saya dan kehidupan menjadi mahasiswa akhir.
4. Terakhir. Terima kasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan tugas akhir ini dengan menyelesaikan sebaik

dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri saya sendiri.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
<i>ABSTRACT</i> .....	xviii
BAB 1 .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik .....	2
1.2.1 Kebutuhan Produk Butil akrilat di Indonesia .....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	6
1.2.3 Kapasitas Pabrik Butil akrilat di Dunia .....	7
1.3. Tinjauan Pustaka .....	8
1.3.1 Tinjauan Proses .....	8
1.3.2 Pemilihan Proses .....	10
1.3.3 Kegunaan Produk .....	10
1.4. Tinjauan Kinetika dan Termodinamika .....	11
1.4.1 Tinjauan Kinetika .....	11
1.4.2 Tinjauan Termodinamika .....	16
BAB II .....	17
2.1. Spesifikasi Produk .....	17
2.2. Spesifikasi Bahan Baku .....	17
2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk berdasarkan Analisis Risiko Proses ..	19
2.5. Pengendalian Kualitas .....	20
2.5.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	20
2.5.2 Pengendalian Kualitas Proses .....	21

2.5.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	23
BAB III .....	24
3.1 Diagram Alir Kualitatif dan Kuantitatif .....	24
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	24
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	25
3.2 Uraian Proses.....	26
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku .....	26
3.2.2 Tahap Pembentukan Produk .....	27
3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk .....	28
3.2.4 Tahap Pembentukan Produk Akhir.....	28
3.3 Spesifikasi Alat.....	29
3.3.1 Reaktor.....	29
3.3.2 Dekanter.....	30
3.3.3 Menara Distilasi.....	31
3.3.4 <i>Condenser</i> .....	32
3.3.5 <i>Reboiler</i> .....	33
3.3.6 Akumulator .....	35
3.3.7 <i>Heater-01</i> .....	36
3.3.8 <i>Heater-02</i> .....	37
3.3.9 <i>Heater-03</i> .....	38
3.3.10 <i>Cooler-01</i> .....	39
3.3.11 <i>Cooler-02</i> .....	40
3.3.12 <i>Cooler-03</i> .....	41
3.3.13 Tangki Penyimpanan .....	42
3.3.14 Pompa .....	44
3.4 Neraca Massa .....	52
3.4.1 Neraca Massa Total .....	52
3.4.2 Neraca Massa Alat .....	52
3.5 Neraca Panas .....	55
BAB IV .....	58
1.1 Lokasi Pabrik.....	58
1.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....	59

1.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	62
1.2	Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	63
1.2.1	Perkantoran/Administrasi .....	64
1.2.2	Produksi .....	65
1.2.3	Instalasi dan Utilitas .....	65
1.2.4	Fasilitas Umum .....	65
1.2.5	Keamanan .....	65
1.2.6	Pengolahan Limbah .....	66
1.2.7	Perluasan .....	66
1.3	Tata Letak Alat Proses .....	68
1.4	Organisasi Perusahaan .....	74
1.4.1	Bentuk Perusahaan .....	74
4.4.2	Struktur Organisasi .....	75
4.4.3	Tugas dan Wewenang .....	77
4.4.4	Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	84
4.4.5	Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan .....	88
4.4.6	Ketenagakerjaan .....	101
BAB V	.....	105
5.1	Pelayanan Teknik (Utilitas) .....	105
5.5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ) .....	105
5.5.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i> ( <i>Steam Generation System</i> ) .....	113
5.5.3	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....	114
5.5.4	Unit Penyedia Udara Tekan ( <i>Instrument Air System</i> ) .....	117
5.5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	118
5.5.6	Unit Pengolahan Limbah .....	118
5.5.7	Spesifikasi Alat Utilitas .....	122
BAB VI	.....	139
6.1	Evaluasi Ekonomi .....	139
6.1.1	Penaksiran Harga Alat .....	140
6.1.2	Dasar Perhitungan .....	142
6.1.3	Perhitungan Biaya .....	142
BAB VII	.....	153

6.1	Kesimpulan.....	153
6.2	Saran.....	154
	DAFTAR PUSTAKA .....	156
	LAMPIRAN A .....	158
	LAMPIRAN B .....	175
	LAMPIRAN C .....	177

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Industri yang membutuhkan butil akrilat di dunia .....	3
Tabel 1. 2 Data Impor Butil akrilat (Ton/Tahun).....	3
Tabel 1. 3 Data Ekspor Butil akrilat (Ton/Tahun) .....	5
Tabel 1. 4 Data Pabrik yang telah beroperasi .....	7
Tabel 1. 5 Perbandingan Proses Reaksi .....	8
Tabel 1. 6 Komposisi pemakaiabutil akrilat .....	11
Tabel 1. 7 Data Komponen Tinjauan Kinetika .....	12
Tabel 1. 8 Data Komponen Nilai Konversi Kesetimbangan.....	13
Tabel 1. 9 Data Perhitungan Arrhenius.....	15
Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk.....	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku .....	17
Tabel 2. 3 Analisis Risiko Proses.....	19
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor .....	29
Tabel 3. 2 Spesifikasi Dekanter .....	30
Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi.....	31
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Condenser</i> .....	32
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Reboiler</i> .....	33
Tabel 3. 6 Spesifikasi Akumulator.....	35
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Heater-01</i> .....	36
Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>Heater-02</i> .....	37
Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>Heater-03</i> .....	38
Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>Cooler-01</i> .....	39

Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>Cooler-02</i> .....	40
Tabel 3. 12 Spesifikasi <i>Cooler-03</i> .....	41
Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-01, T-02, dan T-03). .....	42
Tabel 3. 14 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-04, dan T-05).....	43
Tabel 3. 15 Spesifikasi Pompa (P-01, P-02, P-03 dan P-04) .....	44
Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa (P-05, P-06, P-07 dan P-08) .....	46
Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa (P-09, P-10, P-11 dan P-12) .....	48
Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa (P-13, P-14, P-15 dan P-16) .....	50
Tabel 3. 19 Neraca Massa Total.....	52
Tabel 3. 20 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	52
Tabel 3. 21 Neraca Massa Dekanter (DC-01).....	53
Tabel 3. 22 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01) .....	53
Tabel 3. 23 Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-01) .....	54
Tabel 3. 24 Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-01) .....	54
Tabel 3. 25 Neraca Panas Reaktor (R-01).....	55
Tabel 3. 26 Neraca Panas Dekanter (DC-01).....	55
Tabel 3. 27 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01).....	55
Tabel 3. 28 Neraca Panas <i>Heater-01</i> (HE-01) .....	56
Tabel 3. 29 Neraca Panas <i>Heater-02</i> (HE-02) .....	56
Tabel 3. 30 Neraca Panas <i>Heater-03</i> (HE-03) .....	56
Tabel 3. 31 Neraca Panas <i>Cooler-01</i> (CL-01).....	57
Tabel 3. 32 Neraca Panas <i>Cooler-02</i> (CL-02) .....	57
Tabel 3. 33 Neraca Panas <i>Cooler-03</i> (CL-03) .....	57

Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik.....	67
Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan .....	85
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan.....	86
Tabel 4. 4 Jadwal <i>Shift</i> Karyawan.....	90
Tabel 4. 5 Rincian gaji setiap karyawan .....	92
Tabel 5. 1 Kebutuhan <i>Cooling Water</i> .....	110
Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>Steam</i> .....	111
Tabel 5. 3 Kebutuhan <i>Cooling Water</i> .....	112
Tabel 5. 4 Kebutuhan <i>Steam</i> .....	112
Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Air .....	113
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	115
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	116
Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik .....	117
Tabel 5. 9 Pompa Utilitas (PU-01, PU-02, PU-03, PU-04, dan PU-05).....	122
Tabel 5. 10 Pompa Utilitas (PU-06, PU-07, PU-08, PU-09, dan PU-10).....	124
Tabel 5. 11 Pompa Utilitas (PU-11, PU-12, PU-13, PU-14, dan PU-15).....	126
Tabel 5. 12 Pompa Utilitas (PU-16, PU-17, PU-18, PU-19, dan PU-20).....	128
Tabel 5. 13 Pompa Utilitas (PU-21).....	130
Tabel 5. 14 Bak Utilitas .....	132
Tabel 5. 15 Tangki Utilitas.....	133
Tabel 5. 16 Tangki Utilitas (lanjutan).....	134
Tabel 5. 17 Spesifikasi <i>Screener</i> .....	136

Tabel 5. 18 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> .....	136
Tabel 5. 19 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	137
Tabel 5. 20 Spesifikasi Daerator .....	137
Tabel 5. 21 Spesifikasi <i>Blower</i> .....	137
Tabel 5. 22 Spesifikasi <i>Mixed Bed</i> .....	138
Tabel 6. 1 <i>Physical Plant Cost</i> .....	147
Tabel 6. 2 <i>Direct Plant Cost</i> .....	148
Tabel 6. 3 <i>Fixed Capital Investment</i> .....	148
Tabel 6. 4 <i>Direct Manufacturing Cost</i> .....	148
Tabel 6. 5 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> .....	148
Tabel 6. 6 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> .....	149
Tabel 6. 7 <i>Manufacturing Cost</i> .....	149
Tabel 6. 8 <i>Working Capital</i> .....	149
Tabel 6. 9 <i>General Expenses</i> .....	149
Tabel 6. 10 <i>Total Production Cost</i> .....	150
Tabel 6. 11 <i>Fixed Cost</i> .....	150
Tabel 6. 12 <i>Variable Cost</i> .....	150
Tabel 6. 13 <i>Regulated Cost</i> .....	150



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Butil akrilat di Indonesia.....	4
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Butil akrilat di Indonesia .....	5
Gambar 1. 3 Hasil Regresi Linear Persamaan Arrhenius .....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif .....	25
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik .....	59
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....	68
Gambar 4. 3 Tata Alat Proses .....	73
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan .....	77
Gambar 5. 1 Diagram Alir Pengolahan Air .....	121
Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Indeks Harga.....	141
Gambar 6. 2 Grafik Break Even Point .....	152

## ABSTRAK

Butil akrilat adalah jenis ester akrilat yang paling banyak dipakai. Butil akrilat mempunyai kelebihan dibandingkan dengan jenis ester akrilat yang lain yang lebih rendah misalnya metil akrilat dan etil akrilat, karena butil akrilat memiliki korosifitas lebih rendah sehingga penyimpanannya lebih mudah. Selama ini untuk kebutuhabutil akrilat dalam negeri dipenuhi oleh impor. sehingga pendirian pabrik butil akrilat sangat potensial didirikan di Indonesia untuk menunjang kebutuhan bahan-bahan berbasis polimer. Pabrik butil akrilat ini direncanakan akan dibangun di Cilegon, Kabupaten Serang, Banten dengan kapasitas 30.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari dengan total 169 karyawan serta dibangun di atas lahan seluas 21.022 m<sup>2</sup>. Proses pembuatabutil akrilat dilakukan dengan proses esterifikasi menggunakan bahan baku asam akrilat dan butanol di dalam reaktor alir tangka berpengaduk (RATB) dengan katalis DBSA dan inhibitor MEHQ yang beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm, dengan kemurnian produk butil akrilat yang dihasilkan adalah 99%. Untuk mencapai kapasitas 30.000 ton/tahun dibutuhkan bahan baku asam akrilat sebesar 18.655.709,53 kg/tahun dan butanol sebesar 21.091.316,05 kg/tahun. Utilitas yang dibutuhkan yaitu air sebesar 9.579,25 ton/tahun yang diperoleh dari Sungai Rawa Danau, kebutuhan listrik sebesar 289 kW yang diperoleh dari PLN serta generator sebagai cadangan. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan modal tetap Rp. 367.822.102.289,45, modal kerja Rp. 194.750.575.136,33. Dengan keuntungan sebelum pajak Rp. 117.894.159.301,26 /tahun, dan keuntungan setelah pajak Rp. 94.315.327.441,01 /tahun. Berdasarkan hasil studi analisa kelayakan diperoleh *Break Even Point* (BEP) 48,69%, *Shut Down Point* (SDP) 29,49%, dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 24,03%. Sementara itu, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 32,05% sedangkan ROI setelah pajak 25,64%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,8 tahun, POT setelah pajak 2,81 tahun. Dari tinjauan ekonomi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik butil akrilat dari asam akrilat dabutanol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

**Kata kunci:** Asam akrilat, butanol, butil akrilat, esterifikasi

## **ABSTRACT**

*Butyl acrylate is the most widely used type of acrylate ester. Butyl acrylate has advantages compared to other types of acrylate esters which are lower, for example methyl acrylate and ethyl acrylate, because n butyl acrylate has lower corrosivity making it easier to store. So far, domestic demand for butyl acrylate has been met by imports. so that the establishment of a butyl acrylate factory has the potential to be established in Indonesia to support the need for polymer-based materials. The butyl acrylate plant is planned to be built in Cilegon, Serang Regency, Banten with a capacity of 30,000 tons/year operating for 330 days with a total of 169 employees and built on an area of 21,022 m<sup>2</sup>. The process for making butyl acrylate is carried out by an esterification process using acrylic acid and butanol in a stirred tank flow reactor (RATB) with DBSA catalyst and MEHQ inhibitor which operates at 80 °C and 1 atm pressure, with a pure butyl acrylate product. generated is 99%. To reach a capacity of 30,000 tons/year, 18,655,709.53 kg/year of acrylic acid and 21,091,316.05 kg/year of butanol are needed. The utility needed is water of 9,579.25 tonnes/year obtained from the Rawa Danau River, electricity requirement of 289 kW obtained from PLN and a generator as a backup. The results of the economic evaluation show that the fixed capital is Rp. 367,822,102,289.45 working capital Rp. 194,750,575,136.33. With a profit before tax of Rp. 117,894,159,301.26 / year, and profit after tax Rp. 94,315,327,441.01 / year. Based on the results of the feasibility analysis study, it was obtained a Break Even Point (BEP) of 48.69%, a Shut Down Point (SDP) of 29.49%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 24.03%. Meanwhile, Return on Investment (ROI) before tax was 32.05% while ROI after tax was 25.64%, Pay Out Time (POT) before tax was 2.8 years, POT after tax was 2.81 years. From this economic review, it can be concluded that a butyl acrylate plant from acrylic acid and butanol with a capacity of 30,000 tons/year is feasible to establish.*

**Keywords:** *Acrylic acid, butanol, n butyl acrylate, esterification.*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pada era industri saat ini, negara Indonesia akan terus mengalami perkembangan dalam bidang industri yang khususnya pada industri kimia. Perkembangan dalam industri kimia yang begitu pesat dapat menyebabkan kebutuhan bahan baku siap pakai maupun bahan setengah jadi akan semakin meningkat.

Butil akrilat adalah jenis ester akrilat yang paling banyak dipakai. butil akrilat mempunyai kelebihan dibandingkan dengan jenis ester akrilat yang lain yang lebih rendah misalnya metil akrilat dan etil akrilat, karena butil akrilat memiliki korosifitas lebih rendah sehingga penyimpanannya lebih mudah. Selama ini untuk kebutuhan butil akrilat dalam negeri dipenuhi oleh impor. Sehingga pendirian pabrik butil akrilat sangat potensial didirikan di Indonesia untuk menunjang kebutuhan bahan-bahan berbasis polimer. Pendirian pabrik butil akrilat yang merupakan sub sektor industri pasar modal dan padat teknologi diharapkan dapat menstimulasi tumbuhnya industri - industri baru yang berhubungan dengan butil akrilat. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, maka pabrik butil akrilat layak didirikan di Indonesia. Keuntungan pendirian pabrik butil akrilat antara lain:

1. Meningkatkan devisa negara, karena untuk memenuhi kebutuhan butil akrilat tidak harus mengimpor lagi dan memberikan hasil positif berupa menguatnya harga uang rupiah.
2. Memenuhi kebutuhan butil akrilat dalam negeri, dengan harga lebih murah daripada kita mengimpor, dengan demikian harga produknya juga akan lebih murah sehingga akan menekan laju inflasi.
3. Meningkatkan devisa negara, karena selain untuk memenuhi dalam negeri Sebagian produk juga bisa diekspor.
4. Memacu tumbuhnya industri baru baik industri yang menghasilkan bahan baku bagi butil akrilat seperti asam akrilat, butanol, asam sulfat, sodium hidroksida, propilen dan lain – lain .maupun industri – industri yang memanfaatkan butil akrilat sebagai bahan baku terutama industri polimer. Membuka lapangan kerja baru dan mengurangi pengangguran bagi masyarakat yang pada akhirnya akan meningkatnya kualitas hidup warga Indonesia.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Saat ini di Indonesia belum ada yang memproduksi produk utama butil akrilat. Untuk dapat mencukupi kebutuh butil akrilat dalam negeri, Indonesia masih harus mengimpor. Oleh karenanya, akan sangat terbuka peluang untuk membuka pabrik butil akrilat. Pabrik butil akrilat dari asam akrilat dan butanol direncanakan akan dibangun dengan kapasitas 30.000 ton/tahun untuk pembangunan pabrik pada tahun 2027. Dalam menentukan kapasitas ini dapat

ditinjau dari beberapa pertimbangan sebagai berikut, antara lain perkembangan kebutuhabutil akrilat di Indonesia, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik di dunia yang sudah berdiri (kapasitas ekonomis).

### 1.2.1 Kebutuhan Produk Butil akrilat di Indonesia

Kapasitas pabrik butil akrilat yang beroperasi di dunia berkisar antara 20.000 ton/tahun sampai 100.000 ton/tahun, seperti yang terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. 1 Industri yang membutuhkan butil akrilat di dunia

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Tongda Jizhuou (China)	20.000
Parchem Ltd. (AS)	45.000
Hustsman Chemical (Australia)	100.000

(bkpmd.banten, 2022)

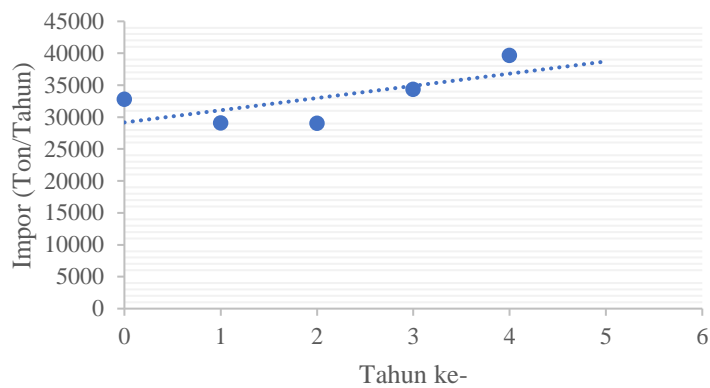
#### a. Impor

Pemenuhan kebutuhan butil akrilat di Indonesia selama ini dipenuhi oleh kegiatan impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS, 2020) Indonesia, perkembangan jumlah kebutuhan impor butil akrilat di Indonesia tahun 2017 – 2021 mengalami peningkatan namun cenderung fluktuatif dapat dilihat pada table 1.2 sebagai berikut.

Tabel 1. 2 Data Impor Butil akrilat (Ton/Tahun)

<b>Tahun</b>	<b>Impor (ton/tahun)</b>
2017	32,784.491
2018	29,060.014
2019	29,017.005
2020	34,371.990
2021	39,686.296
Total	164,919.799

Untuk memproyeksikan kebutuhan impor butil akrilat di Indonesia pada tahun 2027, maka dilakukan regresi linear dari data impor yang ditunjukkan pada Tabel 1.2. grafik hasil regresi linear dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Butil akrilat di Indonesia

Perkiraan impor butil akrilat di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan  $y = 1911,6x + 29161$ . Dimana nilai  $x$  sebagai tahun dan  $y$  adalah jumlah impor butil akrilat. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dikehui bahwa jumlah impor butil akrilat di Indonesia pada tahun 2027 sebesar:

$$y = a + bx \tag{1.1}$$

$$y = 1911,6 x + 29161$$

$$y = 48.277 \text{ ton/tahun}$$

**b. Ekspor**

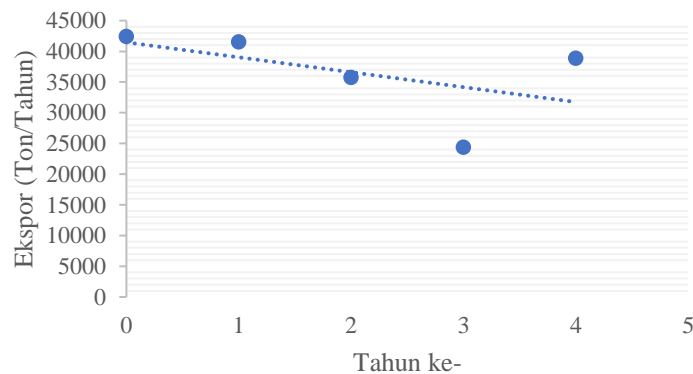
Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2020) Indonesia mengani ekspor butil akrilat di Indonesia dari tahun

ke tahun cukup fluktuatif. Perkembangan data ekspor butil akrilat di Indonesia pada tahun 2017 - 2021 dapat dilihat pada Tabel 1.3 berikut:

Tabel 1. 3 Data Ekspor Butil akrilat (Ton/Tahun)

Tahun	Ekspor (ton/tahun)
2017	42.441,513
2018	41.564,669
2019	35.748,371
2020	24.378,649
2021	38.874,463
Total	183.007,667

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



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Butil akrilat di Indonesia

Perkiraan ekspor butil akrilat di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan  $y = -243201x + (4 \times 10^6)$  dimana nilai x sebagai tahun dan y adalah jumlah ekspor butil akrilat. Dengan menggunakan persamaan 1.1 dapat diketahui bahwa jumlah ekspor butil akrilat di Indonesia pada tahun 2027 sebesar:



$$y = a + bx \quad (1.1)$$

$$Y = -2432x + 41466$$

$$y = 19.578 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data yang diperoleh dan pertimbangan kebutuhan dalam negeri, maka dipilih kapasitas 30.000 ton/tahun sebagai kapasitas optimum pabrik ini yang akan didirikan pada tahun 2027. Serta, pertimbangan ketersediaan bahan baku di dalam negeri sudah mencukupi dan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang ada dan sudah mampu memberikan keuntungan. Selain itu, dengan pemilihan kapasitas 30.000 ton/tahun juga tidak melebihi impor dari hasil persamaan yaitu 48.277 ton/tahun sehingga dapat mengurangi banyaknya impor butil akrilat yang meningkat dari tahun ke tahun serta tidak jauh berbeda dengan data ekspor terendah yaitu di tahun 2020. Pabrik butil akrilat ini juga diharapkan dapat membantu perekonomian Indonesia dan dapat membantu pemerintah dalam menjadikan industri kimia sebagai salah satu penggerak perekonomian nasional.

### **1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku pembuat butil akrilat adalah asam akrilat dan butanol. Butanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara, Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun dan kebutuhan asam akrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai, Cilegon dengan kapasitas produksi 80.000

ton/tahun. Sedangkan kebutuhan DBSA sebagai katalis diperoleh dari PT *Smart Lab* Indonesia, Tangerang, Banten.

### 1.2.3 Kapasitas Pabrik Butil akrilat di Dunia

Dalam memenuhi kapasitas rancangan maka diperlukan pula data kapasitas pabrik yang telah didirikan sebelumnya. Daftar pabrik penghasil produk senyawa butil akrilat disajikan pada tabel 1.4 sebagai berikut.

Tabel 1. 4 Data Pabrik yang telah beroperasi

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Tianjin WHZW Chemicals Co.,Ltd (China)	12.000
Beijing East Guangming Chemical Co.,Ltd (China)	36.000
PT.Nippon Shokubai (Indonesia)	40.000

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Tinjauan Proses

Butil akrilat mempunyai nama kimia *Butil 2-propeonate, Acrylic acid butyl ester*, merupakan suatu senyawa yang berupa cairan tak berwarna dan sedikit berbahaya. Rumus molekul dari senyawa ini adalah  $C_7H_{12}O_3$ , dengan berat molekul 128,17 gram mol. Berikut macam-macam proses pembuat butil akrilat yaitu:

Tabel 1. 5 Perbandingan Proses Reaksi

<b>Proses</b>	<b>Tahapan Reaksi</b>	<b>Bahan Baku</b>	<b>Kondisi Operasi</b>	<b>Produk Samping</b>
Reppe	Reaksi berlangsung dalam dua tahap.	Bahan baku yang digunakan adalah asetilen yang direaksikan dengan CO dan senyawa alkohol.  Menggunakan katalis nikel karbonil yang <i>toxic</i> dan mahal.	Reaksi Berlangsung pada suhu 40 °C dan tekanan atmosfer	Produk samping berupa $H_2$ dan $NiCl_2$
Etilen Sianohidrin	Reaksi berlangsung dalam dua tahap.	Bahan baku yang digunakan adalah HCN.  Penggunaan HCN menyebabkan masalah dalam penanganannya dan limbah dalam $NH_4HSO_4$ . Sifat etilen sianohidrin mudah terbakar dan beracun.	Reaksi berlangsung pada suhu 50 – 60 °C dan tekanan atmosfer.	Produk samping berupa $NH_4HSO_4$

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Reaksi (Lanjutan)

<b>Proses</b>	<b>Tahapan Reaksi</b>	<b>Bahan Baku</b>	<b>Kondisi Operasi</b>	<b>Produk Samping</b>
<i>Goodrich (Ketene Process)</i>	Reaksi berlangsung dalam banyak tahapan.	Bahan baku yang digunakan adalah asam akrilat yang didehidrolisa membentuk ketene.  Proses ini tidak begitu lama digunakan karena melalui banyak tahapan reaksi dan hasil hasil $\beta$ -propialaktone merupakan bahan beracun.	Reaksi berlangsung pada suhu 40 – 80 °C dan berlangsung pada tekanan atmosfer.	Produk samping berupa ester akrilat.
Esterifikasi Asam Akrilat	Reaksi berlangsung dalam satu tahap.	Bahan baku yang digunakan asam akrilat direaksikan dengan butanol dengan katalis DBSA dan membentuk butil akrilat.	Reaksi berlangsung pada suhu 80 °C dan pada tekanan 1 atm.	Tidak ada produk samping yang dihasilkan.

### 1.3.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan keempat proses pembuat butil akrilat diatas, dipilih proses keempat yaitu proses esterifikasi asam akrilat dengan katalis *dedokyl benzene sulfuric acid* (DBSA) dengan beberapa pertimbangan yaitu:

1. Mudah dalam penanganan produk.
2. Katalis yang dipakai yaitu *dedokyl benzene sulfuric acid* (DBSA) mudah didapat, murah, serta mudah dalam penanganannya.
3. Tidak melalui proses yang Panjang.
4. Secara ekonomis semua bahan bakunya murah.
5. Konversi hasilnya lebih besar
6. Tidak menghasilkan produk samping yang berarti

### 1.3.3 Kegunaan Produk

Butil akrilat dipakai sebagai *chemical intermediate* pada produk resin polimer (*emulsion polymers*). Butil akrilat juga digunakan untuk menghasilkan homopolymer dan kopolimer Bersama monomer-monomer yang lain misalnya asam akrilat dan garamnya, amida dan ester, methakrilat, akrilonitril, asam maleat, ester, *vinil asetate*, vinil klorid, stiren, butadiene, *unsaturated polyesters* dan *drying oils*. Polimer dan kopolimer ini digunakan berbaai macam produk yaitu zat-zat pendispersi atau pelarut (ECETOD, 1994).

N- butil akrilat digunakan juga dalam industri tinta, bahan perekat, seal, tekstil, plastik dan elastomer. Aplikasinya dalam industri pelapisan antara lain

yaitu pembentukan lateks, pendispersi terhadap air dan dipakai pada pabrik peralatan otomotif original serta dalam *refinishing material* (BAMM,1993).

Bahan – bahan perekat yang sensitif terhadap tekanan juga mengandung nbutil akrilat. Sebagai bahan perekat butil akrilat digunakan dalam industri – industri tekstil tekstil dan konstruksi. Produk – produk industri tekstil yang mengandung butil akrilat yaitu *fiber, warp sizings, thickener* dan *back out coat formulations (adhesives)*. Dalam industri plastik butil akrilat merupakan bahan dasar bagi beberapa modifikasi PVC dan *molding* atau *extrusion additives*. (BAMM,1993) .

Tabel 1. 6 Komposisi pemakaian butil akrilat

<b>Penggunaan</b>	<b>Persen</b>
Pelapisan cat	44%
Bahan perekat/ <i>seal</i>	18%
Tekstil	15%
Zat aditif plastik	9%
Kertas	5%
Lain-lain	9%

(Sumber: UNEP PUBLICATIONS, 2002)

## 1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

### 1.4.1 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika merupakan penjelasan dari data kinetika yang terjadi pada reaksi pembuatan produk seperti orde reaksi, selektivitas, dan rasio mol reaktan. Reaksi Pembuatan  $C_2H_3COOC_4H_9$  dijalankan dengan kinetika seperti:



Diketahui data dari *proceedings* (Jyoti, 2023) sebagai berikut,

Tabel 1. 7 Data Komponen Tinjauan Kinetika

Suhu (°C)	$k_1$ ( $\text{m}^3)^2/\text{kmol}^2.\text{min}$ )	$k_{-1}$ ( $\text{m}^3)^2/\text{kmol}^2.\text{min}$ )	$\Delta H$ (J/kmol)	$K_{eq}$
50	$2,77 \cdot 10^{-3}$	$5,10 \cdot 10^{-4}$	$55,21 \cdot 10^6$	5,43
60	$3,20 \cdot 10^{-3}$	$4,38 \cdot 10^{-4}$		7,3
70	$4,90 \cdot 10^{-3}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$		16,01

(Jyoti, 2023)

Dari data tersebut, dapat ditentukan nilai  $K_{eq}$  pada suhu reaksi yaitu suhu  $80^\circ\text{C}$  dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{-\Delta H}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1.3)$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{-55210 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \cdot \left( \frac{1}{353 \text{ K}} - \frac{1}{343 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = 0,55$$

$$\frac{k_2}{k_1} = e^{0,55}$$

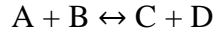
$$\frac{k_2}{k_1} = 1,73$$

$$k_2 = \frac{49}{3,06} = 16,01$$

$$k_2 = 16,01 (1,73)$$

$$k_2 = 27,7$$

Didapatkan nilai  $K_{eq}$  pada suhu  $80^\circ\text{C}$  adalah 27,7. Setelah didapatkan nilai konstanta kesetimbangan pada suhu  $80^\circ\text{C}$ , selanjutnya mencari nilai konversi pereaktan dengan perhitungan sebagai berikut.



Tabel 1. 8 Data Komponen Nilai Konversi Kestimbangan

Kondisi	Komponen			
	A	B	C	D
Awal	5,49	6,04	0	0
Reaksi	$-(5,49x_{Ae})$	$-(5,49x_{Ae})$	$+(5,49x_{Ae})$	$+(5,49x_{Ae})$
Sisa	$5,49(1-x_{Ae})$	$6,04-(5,49x_{Ae})$	$5,49x_{Ae}$	$5,49x_{Ae}$

$$K_{eq} = \frac{C_c C_D}{C_A C_B} \quad (1.5)$$

$$K_{eq} = \frac{C_{Ao}x_{Ae} \cdot C_{Ao}x_{Ae}}{C_{Ao} \cdot (1-x_{Ae}) \cdot (C_{Bo} - C_{Ao} \cdot x_{Ae})} \quad (1.6)$$

$$K_{eq} = \frac{C_{Ao}^2 x_{Ae}^2}{C_{Ao} \cdot (1-x_{Ae}) \cdot C_{Ao} \left(\frac{C_{Bo}}{C_{Ao}} - x_{Ae}\right)}$$

$$; M = \frac{C_{Bo}}{C_{Ao}} = \frac{6,04}{5,49} = 1,1$$

$$K_{eq} = \frac{x_{Ae}^2}{(1-x_{Ae}) \cdot (M-x_{Ae})}$$

$$K_{eq} = \frac{x_{Ae}^2}{(M-Mx_{Ae}-x_{Ae}+x_{Ae}^2)}$$

$$K_{eq}(M - Mx_{Ae} - x_{Ae} + x_{Ae}^2) = x_{Ae}^2$$

$$K_{eq}x_{Ae}^2 - K_{eq}(M + 1)x_{Ae} + K_{eq} \cdot M - x_{Ae}^2 = 0$$

$$(K_{eq} - 1)x_{Ae}^2 - K_{eq}(M + 1)x_{Ae} + K_{eq} \cdot M = 0$$

$$(27,7 - 1)x_{Ae}^2 - 27,7(1,1 + 1)x_{Ae} + 27,7 \cdot 1,1 = 0$$

$$26,7x_{Ae}^2 - 58,17x_{Ae} + 30,47 = 0$$

$$x_{Ae1,2} = \frac{58,17 \pm \sqrt{(58,17)^2 - 4(26,7)(30,47)}}{2(26,7)} = 0$$

$$= \frac{58,17 \pm \sqrt{129,55}}{53,4} = 0$$



$$= \frac{58,17 \pm 11,48}{53,4} = 0$$

$$= \frac{58,17 - 11,48}{53,4} = 0$$

$$x_{Ae} = 0,876$$

Setelah didapatkan nilai  $x_{Ae}$  kemudian mencari nilai konversi reaktor ( $x_A$ )

dengan perhitungan sebagai berikut:

$$x_A = 0,9 \cdot (0,876) \quad (1.7)$$

$$x_A = 0,78$$

Selanjutnya, dicari nilai kinetika reaksi ( $k$ ) dengan persamaan Arrhenius.

$$k = Ae^{-Ea/RT} \quad (1.8)$$

$$\ln k = \ln Ae^{-Ea/RT}$$

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT}$$

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{Ea}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \gg y = a + bx$$

A = Faktor Arrhenius

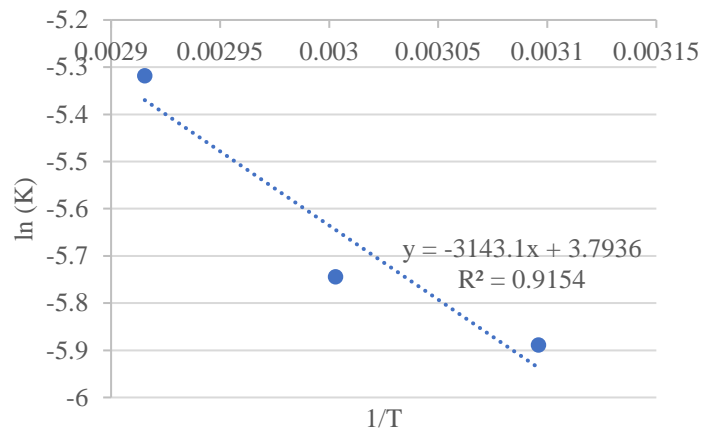
Ea =Energi Aktivasi

T = Temperatur (K)

Dikarenakan nilai A tidak diketahui, maka nilai A dicari dengan metode regresi linear. Data perhitungan yang terlampir pada tabel dan hasil regresi linear didapatkan pada Gambar 1.3.

Tabel 1. 9 Data Perhitungan Arrhenius

T (K)	k <sub>1</sub>	1/T	ln (K)
323	0,00277	0,003096	-5,889
333	0,0032	0,003003	-5,745
343	0,0049	0,002915	-5,319



Gambar 1. 3 Hasil Regresi Linear Persamaan Arrhenius

Dari Gambar 1.3, dapat ditentukan nilai *slope* ( $-\frac{Ea}{R}$ ) dan *intercept* ( $\ln A$ ) untuk  $Ea$  dan  $A$  sebagai berikut.

$$-\frac{Ea}{R} = -3143,1$$

$$Ea = 3143,1(8,314)$$

$$Ea = 26.131,7$$

$$\ln A = 3,7936$$

$$A = e^{3,7936}$$

$$A = 44,42$$

Setelah didapatkan nilai  $Ea$  dan  $A$ , nilai  $k$  bisa didapatkan dari persamaan Arrhenius.

$$k = Ae^{-Ea/RT} \tag{1.8}$$

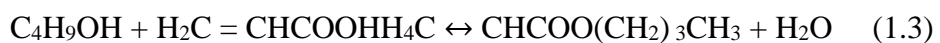
$$k = 44,42e^{-26131,7/(8,314.353)}$$

$$k = 0,006$$

#### 1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika yaitu suatu tinjauan untuk mengetahui sifat reaksi, apakah sebuah reaksi tersebut eksotermis atau endotermis, dan untuk mengetahui apakah reaksi tersebut *reversible* atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat diketahui dengan melihat harga entalpi selama reaksi.

Reaksi sebagai berikut:



Harga  $\Delta H$  diperoleh dari *proceedings* (Jyoti, 2023), didapatkan harga  $\Delta H$  pada suhu 80 °C sebagai berikut:

$$\Delta H = 55,21 * 10^6 \frac{J}{kmol} \cdot K$$

Harga  $\Delta H$  bernilai positif yang berarti reaksi endotermis (reaksi membutuhkan panas dari lingkungan). Dari data termodinamika yang tersedia pada Tabel 1.7 juga menandakan bahwa reaksi berjalan secara *reversible* yang berarti reaksi berjalan dalam dua arah (bolak-balik).

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuat butil akrilat dirancang berdasarkan variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, bahan pendukung, dan pengendalian kualitas.

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

Produk	Rumus Molekul	Bentuk	Warna	Bau	Berat Molekul	Flash Point	Titik Didih	Titik Lebur	Densitas	Kelarutan
Butil akrilat	$C_2H_3COOC_4H_9$	Cair	Tidak berwarna	Tajam	128,17 g/mol	48,9°C	145°C	-64,6°C	0,08898 kg/L	0,8 mL

#### 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan Baku	Rumus Molekul	Bentuk	Warna	Bau	Berat Molekul	Flash Point	Titik Didih	Titik Lebur	Densitas	Kelarutan
Asam Akrilat	$CH_2CHCOOH$	Cair	Tidak berwarna	Tajam	72,06 g/mol	54°C	141°C	12,7°C	1,0511 kg/l	100 mg/mL

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku (Lanjutan)

Bahan Baku	Rumus Molekul	Bentukl	Warna	Bau	Berat Molekul	Flash Point	Titik Didih	Titik Lebur	Densitas	Kelarutan
Butanol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	Cairan	Tidak berwarna	Bau fusel keras dengan pisang	74,12 g/mol	37 °C	117,7°C	-89,8°C	0,8098	63.200 mg/L
<i>Dedokeyl Benzene Sulfuric Acid (DBSA)</i>	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}$	Cairan	Cokelat	Tajam	326,5 g/mol	149 °C	204,5°C	10°C	1 kg/L	0,001015 g/100 g
<i>Monomethyl Ether of Hydroquinone (MEHQ)</i>	$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$	Padat lilin	Putih	Bau karamel dan fenol	124,14 g/mol	132°C	243°C	57°C	0,0187 g/100 gr	1,6 g/cm <sup>3</sup>
Air	$\text{H}_2\text{O}$	Cair	Tidak berwarna	Tidak berbau	18,015 kg/mol	-	100°C	0°C	0,9998 kg/m <sup>3</sup>	Sangat larut

## 2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk berdasarkan Analisis Risiko Proses

Tabel 2. 3 Analisis Risiko Proses

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1.	Kondisi Operasi			
	Suhu :	100°C		
	Tekanan :	1 atm		
2.	Bahan yang digunakan			
	Asam Akrilat	<i>Flammability</i> : Tidak mudah terbakar		√
		<i>Toxicity</i> : Asap beracun jika terjadi kebakaran		√
		<i>Reactivity</i> : Tidak Reaktif		√
		<i>Corrosivity</i> : Tergolong korosi, kaetgori-dua	√	
	Butanol	<i>Flammability</i> : Tidak mudah terbakar		√
		<i>Toxicity</i> : Asap beracun jika terjadi kebakaran	√	
		<i>Reactivity</i> : Tidak Reaktif	√	
		<i>Corrosivity</i> : Tergolong korosi, kaetgori-dua		√
	DBSA	<i>Flammability</i> : Tidak mudah terbakar	√	
		<i>Toxicity</i> : Asap beracun jika terjadi kebakaran		
		<i>Reactivity</i> : Tidak Reaktif		√
		<i>Corrosivity</i> : Tergolong korosi, kaetgori-dua		
	MEHQ	<i>Flammability</i> : Tidak mudah terbakar	√	
		<i>Toxicity</i> : Asap beracun jika terjadi kebakaran		√
		<i>Reactivity</i> : Tidak Reaktif		√
<i>Corrosivity</i> : Tergolong korosi, kaetgori-dua		√		
3.	Sifat produk yang dihasilkan			
	Butil akrilat	<i>Flammability</i> : Tidak mudah terbakar		√
		<i>Toxicity</i> : Asap beracun jika terjadi kebakaran		√
		<i>Reactivity</i> : Tidak Reaktif	√	
		<i>Corrosivity</i> : Tergolong korosi, kaetgori-dua		√

Melihat parameter pada Tabel 2.3, maka pabrik butil akrilat dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko rendah (*low risk*).

## **2.5 Pengendalian Kualitas**

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

### **2.5.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi kualitas bahan baku yang akan digunakan supaya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk proses. Pada pabrik butil akrilat kali ini diharapkan produk butil akrilat yang dihasilkan dapat memiliki mutu yang sesuai dengan standar dan jumlah produksi serta rencana waktu yang tepat sesuai jadwal yang diinginkan. Sehingga sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan proses pengujian kualitas bahan baku yang diperoleh. Evaluasi yang akan digunakan yaitu sesuai standar yang telah ditetapkan. Adapun parameter yang akan diukur adalah:

- a. Kemurnian dari bahan baku asam akrilat dan butanol
- b. Kandungan didalam asam akrilat dan butanol
- c. Kadar air
- d. Kadar zat pengotor

## 2.5.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk menjaga produk yang dihasilkan. Pengendalian ini sudah harus dilakukan dari mulai bahan baku sampai menjadi produk. Pengawasan bukan hanya dilakukan di laboratorium tetapi juga di alat kontrol. Pengawasan dan pengendalian terhadap jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang terdapat pada *control room* atau ruang pengawasan, pengawasan dilakukan secara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Apabila sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya menyala, maka itu merupakan tanda terjadinya penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan dan diatur baik dari *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, dan *temperature control*.

Pengawasan yang dikontrol oleh alat ini berupa pengontrolan atau pengawasan terhadap kondisi operasi baik dari segi temperatur maupun tekanan. Alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu yaitu antara lain:

a. *Level Control*

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

b. *Level Indicator*

*Level indicator* adalah alat yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian terakhir cairan.



c. *Flow control*

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

d. *Temperature control*

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

e. Temperatur Indikator

Temperatur Indikator adalah alat yang menunjukkan suhu terakhir pada suatu alat.

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

g. *Pressure Indikator* (alat yang menunjukkan tekanan terakhir pada suatu alat).

h. *Flow Rate Controller* (pengendalian aliran baik itu aliran masuk maupun aliran keluar).

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

### **2.5.3 Pengendalian Kualitas Produk**

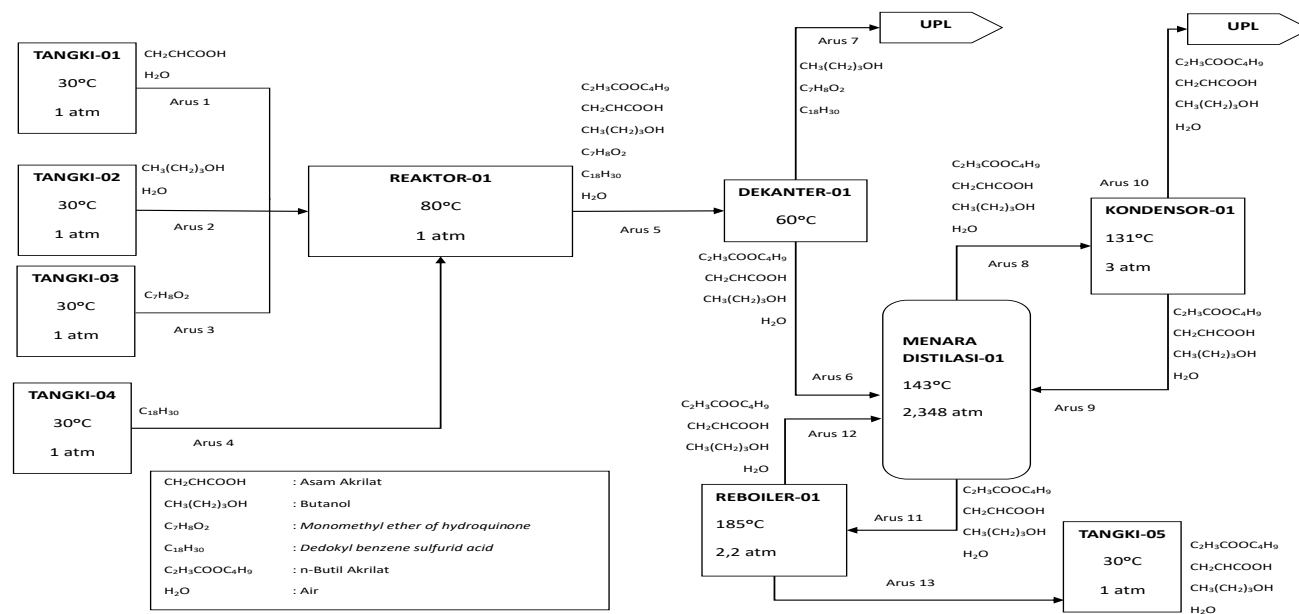
Pengendalian kualitas pada produk diperlukan untuk menjaga mutu standar dari produk itu sendiri. Upaya yang dapat dilakukan untuk mendapatkan produk yang berkualitas yaitu dengan cara menjaga mutu dari bahan baku, pengawasan serta pengendalian terhadap proses dengan cara mengadakan sistem *control*.

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

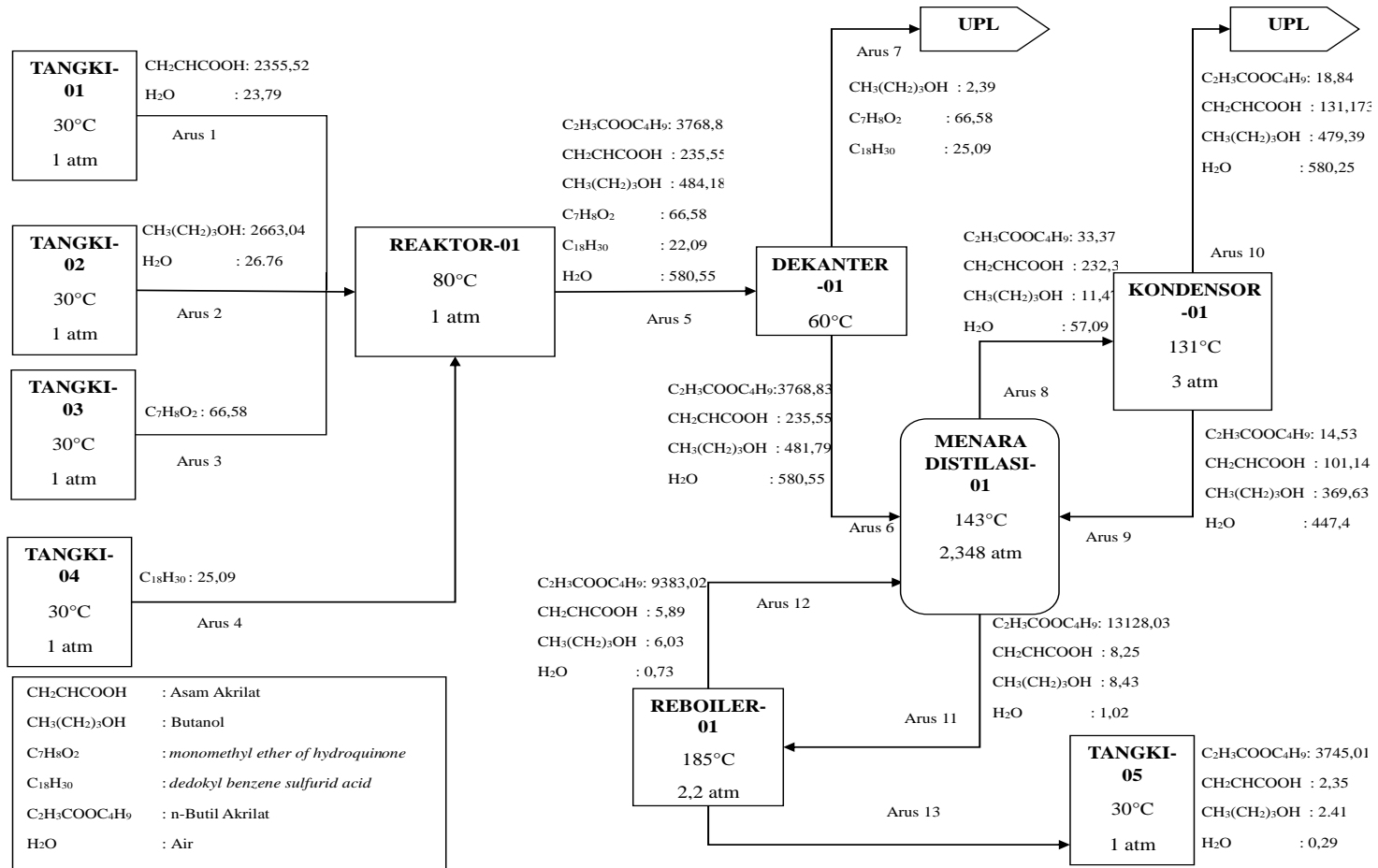
#### 3.1 Diagram Alir Kualitatif dan Kuantitatif

##### 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kulitatif

### 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

### 3.2 Uraian Proses

Produksi butil akrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dibuat dengan reaksi esterifikasi menggunakan bahan baku asam akrilat dengan kemurnian 99% dengan *impurities* air 1% disimpan dalam fase cair dengan kondisi temperatur 30°C dan tekanan 1 atm pada tangki penyimpanan (T-01) dan bahan baku butanol yang memiliki kemurnian 99,5% dengan *impurities* air 0.5% disimpan dalam fase cair dengan kondisi temperatur 30°C dengan tekanan 1 atm pada tangki penyimpanan (T-02). Terdapat bahan pendukung tambahan yaitu inhibitor *monomethyl ether of hydroquinone* (MEHQ) disimpan dalam fase cair dengan kondisi temperatur 30°C dan tekanan 1 atm pada tangki penyimpanan (T-03). Serta katalis berupa *dedokyl benzene sulfuric acid* (DBSA) disimpan dalam fase cair dengan kondisi temperatur 30°C dan tekanan 1 atm pada tangki penyimpanan (T-04). Terdapat tiga tahapan yang dilakukan dalam proses pembuat butil akrilat yaitu tahanan persiapan bahan baku, pembentukan produk, dan pemisahan produk.

#### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

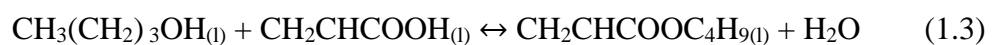
Asam akrilat dari tangki (T-01), butanol dari tangki (T-02), dan inhibitor *monomethyl ether of hydroquinone* (MEHQ) dari tangki (T-03) dipompa dengan pompa (P-01), (P-02) dan (P-03) untuk mengalirkan bahan baku dan inhibitor menuju Reaktor (R-01) yang sebelumnya dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-01) untuk dinaikan temperaturnya menjadi 80°C dan tekanan 1 atm. Perbandingan antara asam akrilat dan butanol sebesar 1:1,1 (*Europe Patent*, 2005). Sedangkan, katalis *dedokyl benzene sulfuric*

*acid* (DBSA) di tangki penyimpanan (T-04) dinaikkan temperaturnya menjadi 80°C menggunakan *Heater* (HE-02) kemudian diumpankan menuju Reaktor (R-01) dan tekanan 1 atm.

### 3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Pembentukabutil akrilat dari asam akrilat dan butanol terjadi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang disusun seri dengan volume yang berbeda dengan bantuan katalis *dedokyl benzene sulfuric acid* (DBSA) yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi dan inhibitor *monomethyl ether of hydroquimone* (MEHQ) yang berfungsi sebagai penstabil reaksi (Becker dan Vogel

, 2006). Komposisi reaktan yaitu asam akrilat dan butanol dengan perbandingan 1:1,1 (*Europe Patent*, 2005). Reaksi terjadi pada fase cair-cair dengan kondisi isothermal pada temperatur 80°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang digunakan adalah reaksi esterifikasi dan konversi reaksi sebesar 78%. Reaksi utama yang terjadi di kedua reaktor adalah sebagai berikut:



Reaksi ini bersifat eksotermis, sehingga untuk mempertahankan kondisi operasi di reaktor maka diperlukannya adanya pendingin untuk mencegah reaksi melewati *range* suhu yang diinginkan. Hasil reaksi yang keluar dari Reaktor (R-01) terlebih dahulu dipompa (P-05) dan didinginkan dengan *Cooler* (CL-01) menjadi suhu 60°C sebagai umpan masuk Dekanter (DC-01).

### **3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk**

Pada dekanter berfungsi untuk memisahkan cairan berdasarkan massa jenis dan kelarutannya. Di dalam dekanter cairan akan terbagi menjadi dua fase, yaitu fase ringan dan fase berat. Fase ringan yang merupakan hasil atas dekanter yaitu katalis *dedokyl benzene sulfuric acid* (DBSA) dan inhibitor *monomethyl ether of hydroquinone* (MEHQ) dengan kondisi suhu 60°C dan tekanan 1 atm dipompa ke *Cooler* (CL-02) untuk diturunkan temperaturnya menjadi 30°C dan tekanan 1 atm lalu dibuang ke unit pengolahan limbah (UPL). Fase berat yang merupakan hasil bawah dekanter yaitu butil akrilat, asam akrilat, butanol dan air dengan kondisi suhu 60°C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju menara distilasi 1 (MD-01).

### **3.2.4 Tahap Pembentukan Produk Akhir**

Umpan masuk Menara Distilasi (MD-01) memiliki kondisi operasi 143°C dan tekanan 2,3 atm. Sebelum umpan dimasukkan ke dalam MD-01, terlebih dulu suhunya dinaikkan dengan menggunakan *Heater-3* (HE-03) dan tekanannya dinaikkan dengan menggunakan *Expansion Valve* (EV-01). Hasil atas berupa asam akrilat, butanol, butil akrilat, dan air dengan kondisi suhu 131°C dan tekanan 3 atm yang dialirkan menuju ke unit pengolahan limbah (UPL). Sedangkan hasil bawah menara merupakan produk yang diinginkan yaitu butil akrilat dengan kondisi suhu 185°C dan tekanan 2,2 atm. Sebelum dimasukkan ke dalam tangka produk butil akrilat (T-05) didinginkan terlebih dahulu dengan *Cooler* (CL-03) dan diturunkan tekanannya menjadi

1 atm dengan menggunakan *Expansion Valve*. Produk butil akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangka penyimpanan (T-05) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

<b>REAKTOR</b>		
<b>Kode</b>	<b>R-01</b>	
<b>Fungsi</b>	Mereaksikan Asam Akrilat dan butanol dengan bantuan katalis DBSA dan inhibitor MEQH menjadi Butil akrilat dan Air	
<b>Jenis Alat</b>	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	
<b>Jenis Bahan</b>	<i>Stainless Stell SA 167 grade 3 type 304</i>	
<b>Jumlah</b>	1 unit	
<b>Kondisi Operasi</b>		
Tekanan :	1	atm
Suhu :	80	°C
<b>Dimensi Reaktor</b>		
Diameter <i>shell</i> :	14,51	m
Tinggi <i>shell</i> :	14,51	m
Tebal <i>shell</i> :	0,87	in
Volume <i>shell</i> :	694,18	m
Tinggi Reaktor :	17,25	m
Volume Reaktor :	2.916,13	m <sup>3</sup>
<b>Dimensi Head</b>		
Tinggi <i>head</i> :	1,37	m
Tebal <i>head</i> :	0,37	in
Volume <i>head</i> :	517,59	m <sup>3</sup>



Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (Lanjutan)

<b>REAKTOR</b>		
<b>Pengaduk</b>		
Jenis <i>impeller</i> :	<i>Turbine with 6 flate blade</i>	
Jumlah <i>impeller</i> :	1	buah
Jumlah <i>baffle</i> :	4	buah
Diameter pengaduk :	4,84	m
Tinggi pengaduk :	0,97	m
Lebar pengaduk :	1,21	m
Jarak pengaduk :	4,84	m
Lebar <i>baffle</i> :	1,21	m
Kecepatan pengadukan :	13,73	rpm
<i>Power pengadukan</i> :	10	Hp
<b>Jaket Pendingin</b>		
Bahan jaket :	<i>Stainless Stell</i>	
Diameter dalam jaket :	14,53	m
Diameter luar jaket :	14,78	m
Tinggi jaket :	14,51	m
Tebal jaket :	0,37	in
Beban pendingin :	356.361,85	kJ/Jam
Luas selubung reaktor :	661,17	m <sup>2</sup>
Harga:	\$1.147.100	

### 3.3.2 Dekanter

Tabel 3. 2 Spesifikasi Dekanter

<b>DEKANTER</b>	
Kode	<b>DC-01</b>
Fungsi	Memisahkan fase ringan dan fase berat yang keluar dari Reaktor dengan prinsip perbedaan densitas dan kelarutannya

Tabel 3.2 Spesifikasi Dekanter (Lanjutan)

<b>DEKANTER</b>		
Jenis Alat	Dekanter silinder horizontal	
Jenis Bahan	<i>Stainless steel SA 167 grade 3 type 304</i>	
Jumlah	1 unit	
<b>Kondisi Operasi</b>		
Tekanan :	1	Atm
Suhu :	60	°C
<b>Dimensi Dekanter</b>		
Diameter :	0,86	m
Tinggi :	1,73	m
Tebal <i>shell</i> :	0,19	in
Tebal <i>head</i> :	0,19	in
Panjang dekanter :	2,14	m
Waktu tinggal :	10	menit
Volume dekanter :	1,18	m <sup>3</sup>
Harga:	\$146.073,90	

### 3.3.3 Menara Distilasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi

<b>MENARA DISTILASI</b>	
<b>Kode :</b>	<b>MD-01</b>
Fungsi :	Untuk memisahkan komponen N-Butanol sebagai keluaran top (distilat) dabutil akrilat sebagai keluaran bottom
Tipe :	<i>Plate tower (sieve tray) berbentuk torispherical dishead</i>
Material	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
<b>Kondisi Operasi :</b>	
Umpan, °C	143
Distilat, °C	131

Tabel 3.3 Spesifikasi Menara Distilasi (Lanjutan)

<b>MENARA DISTILASI</b>	
Bottom, °C	185
<b>Spesifikasi :</b>	
<i>Shell</i>	
Diameter, m	1,07
Tinggi, m	18
Tebal, in	0,005
Material	<i>Stainless steel</i>
<i>Head</i>	
Jenis	<i>Stainless steel</i>
Tebal, in	0,005
<i>Tray</i>	
Jenis tray	<i>Sieve</i>
Jumlah plate aktual	16
Diameter hole, in	0,11
Tray spacing, m	0,45
Jumlah lubang, buah	482
<i>Plate Pressure Drop</i>	
Bagian atas, atm	0,007
Bagian bawah, atm	0,007
Harga, \$	\$33.655,98

### 3.3.4 Condenser

Tabel 3. 4 Spesifikasi Condenser

<b>CONDENSER -01</b>		
<i>Operating Condition</i>		
<i>Position</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	Fluida panas ( produk <i>heavy organics</i> )	Fluida dingin ( <i>water</i> )
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>	<i>Cold</i>

Tabel 3.4 Spesifikasi *Condenser* (Lanjutan)

<b>CONDENSER -01</b>				
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	1.209,67	1.209,67	92.922,39	0
<i>Vapor flowrat, kg/jam</i>	0	0	0	92.922,39
<i>Temperature, °C</i>	143	127,18	30	40
<i>Pressure, atm</i>	2,18	2,18	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
<i>Shell (Hot fluid)</i>		<i>Tube</i>		
<i>Length, ft</i>	12	<i>Length, ft</i>	12	
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1	
<i>ID, in</i>	12	<i>OD, in</i>	0,53	
<i>Baffle spaces</i>	9	<i>Number tube</i>	164	
		<i>A, ft<sup>2</sup></i>	274,14	
		<i>BWG</i>	12	
$\Delta P$ terhitung, psi	0,0009	<i>Pitch</i>	1	
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10	$\Delta P$ terhitung, psi	0,27	
<i>Rdmin, Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F</i>	0,001	$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10	
<i>Rdcal Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F</i>	0,01	<i>Rdmin, Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F</i>	0,001	
		<i>Rdcal Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F</i>	0,01	
<i>Harga,\$</i>	\$57.249,86			

### 3.3.5 Reboiler

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Reboiler*

<b>Reboiler</b>	
<b>Kode</b>	<b>RB-01</b>
<b>Fungsi</b>	Menguapkan cairan yang keluar dari menara distilasi (MD-01) sebagai hasil bawah
<b>Jenis Bahan</b>	<i>Stainless steel SA 167 Grade 3 type 304</i>

Tabel 3.5 Spesifikasi *Reboiler* (Lanjutan)

<b>Reboiler</b>	
<b>Spesifikasi</b>	
a", in <sup>2</sup>	639
Pt, <i>Triangular</i>	1,25
<i>Passes</i> =	6
A, ft <sup>2</sup>	250,65
Uc, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	205,88
Ud, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	58,98
Rd <i>calculated</i> =	12
<b><i>Cold Fluid : Shell, Produk (Butil akrilat)</i></b>	
Aliran Fluida =	<i>Hot Fluid</i>
IDs, in =	4,03
<i>Passes</i> =	6
Δ P perhitungan, psi =	52
Δ P diizinkan, psi =	10
<b><i>Hot Fluid : Tube, Steam</i></b>	
Aliran Fluida =	<i>Cold Fluid</i>
Nt, buah	54
L, ft	20
OD, in	3,5
ID, in	3,07
BWG	18
Δ P perhitungan, psi	2
Δ P diizinkan, psi =	10
Harga, \$	\$58.637,74

### 3.3.6 Akumulator

Tabel 3. 6 Spesifikasi Akumulator

<b>Akumulator</b>	
<b>Kode</b>	<b>ACC -01</b>
Fungsi	Menampung keluaran kondensor pada MD
Jenis	<i>Horizontal cylinder</i>
Jumlah, buah	1
<b>Kondisi Operasi</b>	
Suhu, °C	131
Tekanan, atm	2
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas tangki	0
<b>Diameter shell</b>	
Diameter, m	0,32
Panjang, m	1,94
Tebal <i>shell</i> , in	0,19
<b>Dimensi head</b>	
Diameter, in	14
Panjang, m	0,10
Tebal <i>head</i> , in	0,19
Panjang total, m	2,13
Harga, \$	\$3.932,31

### 3.3.7 Heater-01

Fungsi: Menaikkan *temperature* fluida dari T-01, T-02, dan T-03 menuju R-01

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Heater-01*

<b>Heater-01</b>				
<b>Operating Condition</b>				
<i>Position</i>	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Dingin ( Produk : <i>Heavy organics</i> )		Fluida Panas ( <i>Steam</i> )	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	1.366,87	1.366,87	0	67,25
<i>Vapor flowrat, kg/jam</i>	0	0	67,25	0
<i>Temperature, °C</i>	30	80	350	350
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20		<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	0,06		<i>Hairpin, buah</i>	0,06
ID, in	4		ID, in	3
OD, in	4,5		OD, in	3,5
A, ft <sup>2</sup>	4,42		A, ft <sup>2</sup>	4,42
$\Delta P$ terhitung, psi	0,02		$\Delta P$ terhitung, psi	0,000001
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10		$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Harga, \$	\$1.272,22			

### 3.3.8 Heater-02

Fungsi: Menaikkan *temperature* fluida dari T-04 menuju R-01.

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Heater-02*

<b>Heater-02</b>				
<b>Operating Condition</b>				
<i>Position</i>	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Dingin ( Produk : <i>Heavy organics</i> )		Fluida Panas ( <i>Steam</i> )	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	25,09	25,09	0	0,78
<i>Vapor flowrat, kg/jam</i>	0	0	0,78	0
<i>Temperature, °C</i>	30	80	350	350
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20	
<i>Hairpin, buah</i>	1	<i>Hairpin, buah</i>	1	
ID, in	4	ID, in	3	
OD, in	4,5	OD, in	3,5	
A, ft <sup>2</sup>	73,36	A, ft <sup>2</sup>	73,36	
$\Delta P$ terhitung, psi	0,0006	$\Delta P$ terhitung, psi	0,00000002	
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10	$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10	
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003	Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003	
Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	18,82	Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	18,82	
Harga, \$	\$3.469,69			



### 3.3.9 Heater-03

Fungsi: Menaikkan *temperature output* bawah dekanter (DC-01) untuk diumpankan menuju menara distilasi (MD-01)

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Heater-03*

<b>Heater-03</b>				
<b>Operating Condition</b>				
<i>Position</i>	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Dingin (Produk : <i>Heavy organics</i> )		Fluida Panas (Steam)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	5.066,73	5.066,73	0	401,92
<i>Vapor flowrat, kg/jam</i>	0	0	401,92	0
<i>Temperature, °C</i>	60	143	350	350
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20		<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	1		<i>Hairpin, buah</i>	1
ID, in	4		ID, in	3
OD, in	4,5		OD, in	3,5
A, ft <sup>2</sup>	73,6		A, ft <sup>2</sup>	73,36
$\Delta P$ terhitung, psi	2,36		$\Delta P$ terhitung, psi	0,0006
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10		$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,02		Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,02
Harga, \$	\$3.469,69			

### 3.3.10 Cooler-01

Fungsi: Menurunkan *temperature output* reaktor (R-01) untuk diumpankan meunju dekanter (DC-01).

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Cooler-01*

<b>Cooler-01</b>				
<b>Operating Condition</b>				
<i>Position</i>	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Panas ( Produk : <i>Heavy organics</i> )		Fluida Dingin ( <i>Steam</i> )	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	5.160,79	5.160,79	32,60	32,60
<i>Vapor flowrat, kg/jam</i>	0	0	0	0
<i>Temperature, °C</i>	30	40	80	60
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20		<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	3		<i>Hairpin, buah</i>	3
ID, in	4		ID, in	3
OD, in	4,5		OD, in	3,5
			A, ft <sup>2</sup>	188,77
$\Delta P$ terhitung, psi	6,47		$\Delta P$ terhitung, psi	0,00014
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10		$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Harga, \$	\$44.990,30			

### 3.3.11 Cooler-02

Fungsi: Menurunkan *temperature output* bawah dekanter yang dialirkan menuju UPL.

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Cooler-02*

<b>Cooler-02</b>				
<b>Operating Condition</b>				
<i>Position</i>	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Panas (Produk : <i>Heavy organics</i> )		Fluida Dingin ( <i>Steam</i> )	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	94,06	94,06	0,58	0,58
<i>Vapor flowrat, kg/jam</i>	0	0	0	0
<i>Temperature, °C</i>	30	40	60	35
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20		<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	3		<i>Hairpin, buah</i>	3
ID, in	2		ID, in	1
OD, in	2,88		OD, in	1,66
			A, ft <sup>2</sup>	59,82
$\Delta P$ terhitung, psi	0,0009		$\Delta P$ terhitung, psi	0,00000017
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10		$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Harga, \$	\$3.238,38			

### 3.3.12 Cooler-03

Fungsi: Menurunkan *temperature* fluida dari produk bawah menara distilasi (MD-01).

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Cooler-03*

<b>Cooler-03</b>				
<b>Operating Condition</b>				
<i>Position</i>	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Dingin (Produk : <i>Light Organics</i> )		Fluida Panas ( <i>Steam</i> )	
<i>Fluid Type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	3.750,06	3.750,06	10,62	10,62
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	0	0	0	0
<i>Temperature, °C</i>	30	70	185,03	30
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1
<b>Mechanical Design</b>				
	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	20		<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	17		<i>Hairpin, buah</i>	17
ID, in	4		ID, in	3
OD, in	3,5		OD, in	4,5
			A, ft <sup>2</sup>	1.230,81
$\Delta P$ terhitung, psi	2,27		$\Delta P$ terhitung, psi	0,000009
$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10		$\Delta P$ Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		Rdcal Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003
Harga, \$	\$91.715,44			

### 3.3.13 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-01, T-02, dan T-03).

Tangki		T-01	T-02	T-03
Fungsi		Menyimpan bahan baku asam akrilat	Menyimpan bahan baku butanol	Menyimpan inhibitor MEQH
Lama penyimpanan, hari		15	15	30
Fasa		Cair		
Jumlah tangki		1	1	1
Jenis tangki		Silinder tegak dengan alas datar dan tutup <i>cone roof</i>		
Kondisi Operasi	Suhu, °C	30	30	30
	Tekanan, atm	1	1	1
Spesifikasi	Volume tangki, m <sup>3</sup>	1,33	1,92	36
	Diameter, m	15,24	18,29	3,05
	Tinggi, m	7,32	7,32	4,88
	Jumlah <i>course</i>	3	3	2
	Tebal <i>shell</i> , in	0,19	0,19	0,19
<i>Head bottom</i>	Jenis <i>head</i>	<i>Cone roof</i>	<i>Cone roof</i>	<i>Cone roof</i>
	Tebal <i>head</i> , in	1	1	0.1875
	Jenis <i>Flat</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>
	Tebal <i>bottom</i> , in	0,25	0,25	0,25
Harga		\$555.381,52	\$619.917,73	\$64.189,24

Tabel 3. 14 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (T-04, dan T-05)

<b>Tangki</b>		<b>T-04</b>	<b>T-05</b>
Fungsi		Menyimpan katalis DBSA	Menyimpan produk butil akrilat
Lama penyimpanan, hari		30	15
Fasa		Cair	
Jumlah tangki		1	1
Jenis tangki		Silinder tegak dengan alas datar dan tutup <i>cone roof</i>	
Kondisi Operasi	Suhu, °C	30	30
	Tekanan, atm	1	1
Spesifikasi	Volume tangki, m <sup>3</sup>	36	1,92
	Diameter, m	3,05	18,29
	Tinggi, m	4,88	7,32
	Jumlah <i>course</i>	2	3
	Tebal <i>shell</i> , in	0,19	0,19
<i>Head bottom</i>	Jenis <i>head</i>	<i>Cone roof</i>	<i>Cone roof</i>
	Tebal <i>head</i> , in	0,19	0,63
	Jenis <i>Flat</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>
	Tebal <i>bottom</i> , in	0,25	0,25
Harga		\$46.262,52	\$855.509,59

### 3.3.14 Pompa

Tabel 3. 15 Spesifikasi Pompa (P-01, P-02, P-03 dan P-04)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>	<b>P-03</b>	<b>P-04</b>
Fungsi	Mengalirkan asam akrilat (T-01) menuju <i>Heat Exchanger</i> – 01 (HE-01)	Mengalirkan butanol (T-02) menuju <i>Heat Exchanger</i> - 01 (HE-01)	Mengalirkan MEHQ (T-03) menuju <i>Heat Exchanger</i> - 01 (HE-01)	Mengalirkan DBSA (T-04) menuju <i>Heat Exchanger</i> - 01 (HE-01)
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>			
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>			
<b>Spesifikasi Pompa</b>				
Viskositas, Cp	1,02	2,27	21,71	4,35
Kapasitas , m <sup>3</sup> /jam	3,26	4,78	0,08	0,04
<i>Pump head</i> , m	7,11	7,18	6,20	1,86
Suhu fluida, °C	30	30	30	30
Instalasi	Horisontal dan <i>vertical</i>			
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>			

Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa (P-01, P-02, P-03 dan P-04) (Lanjutan)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>	<b>P-03</b>	<b>P-04</b>
<i>Rate volumetrik, ft<sup>3</sup>/s</i>	0,03	0,05	0,0008	0,0004
Kecepatan aliran ft/s	1,38	1,41	0,02	0,11
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40
OD, in	2,38	2,88	2,88	0,84
ID, in	2,07	2,47	0,62	0,62
<b>Dimensi Daya</b>				
<i>Friction head</i>	0,90	0,97	0,0007	0,54
Efisiensi pompa	20%	20%	20%	20%
Jenis pompa	<i>Centrifugal Single Stage</i>			
Daya pompa, watt	328,64	375,03	8,01	0,91
Daya motor, watt	559,28	745,7	37,29	37,29
Kecepatan putar, rpm	1.249,12	1.501,77	221,97	391,37
Harga, \$	\$16.191,88	\$6.708,06	\$12.722,19	\$6.708,06



Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa (P-05, P-06, P-07 dan P-08)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan fluida dari HE-01) <i>Heat Exchanger – 01</i> ) menuju R – 01 (Reaktor – 01)	Mengalirkan fluida dari <i>Heat Exchanger - 02</i> (HE - 02) ke Reaktor (R-01)	Mengalirkan fluida keluaran Reaktor (R-01) ke <i>Cooler</i> (CL-01)	mengalirkan fluida dari <i>Cooler</i> (CL-01) ke Dekanter (DC-01)
<b>Jenis Pompa</b>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>			
<b>Impeller</b>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
<b>Bahan Kontruksi</b>	<i>Commercial Steel</i>			
<b>Spesifikasi Pompa</b>				
Viskositas, Cp	0,68	1,57	0,48	0,64
Kapasitas , m <sup>3</sup> /jam	2,17	0,04	8,69	8,49
<i>Pump head</i> , m	4,05	3,89	3,21	2,41
Suhu fluida, °C	80	80	80	60
<b>Instalasi</b>	Horisontal dan <i>vertical</i>			
<b>Submersibility</b>	<i>Immersed</i>			
<i>Rate volumetrik</i> , ft <sup>3</sup> /s	0,02	0,0004	0,09	0,08

Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa (P-05, P-06, P-07 dan P-08) (Lanjutan)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>
Kecepatan aliran ft/s	0,92	0,21	1,66	1,62
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40
OD, in	2,38	0,84	3,5	3,5
ID, in	2,07	0,62	3,07	3,07
<b>Dimensi Daya</b>				
<i>Friction head</i>	0,31	0,15	0,84	0,67
Efisiensi pompa	20%	20%	28%	37%
Jenis pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>			
Daya pompa, watt	108,70	1,91	23,84	131,67
Daya motor, watt	62,14	37,29	559,28	248,57
Kecepatan putar, rpm	1.554,10	229,31	3.706,55	4.542,04
Harga, \$	\$16.191,88	\$16.191,88	\$6.708,06	\$6.708,06

Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa (P-09, P-10, P-11 dan P-12)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>	<b>P-11</b>	<b>P-12</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida hasil atas DC-01 ke <i>Cooler</i> (CL-02)	Mengalirkan hasil <i>Cooler</i> (CL-02) ke UPL 1	Mengalirkan hasil bawah DC-01 ke HE-03	Mengalirkan hasil HE-3 ke MD-01
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>			
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commersial Steel</i>			
<b>Spesifikasi Pompa</b>				
Viskositas, Cp	5,47	13,43	0,56	0,23
Kapasitas , m <sup>3</sup> /jam	0,13	0,13	8,36	9,33
<i>Pump head</i> , m	0,91	2,54	7,06	18,14
Suhu fluida, °C	60	35	60	143
Instalasi	Horisontal dan <i>vertical</i>			
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>			

Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa (P-09, P-10, P-11 dan P-12) (Lanjutan)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>	<b>P-11</b>	<b>P-12</b>
<i>Rate volumetrik, ft<sup>3</sup>/s</i>	0,001	0,001	0,08	0,09
Kecepatan aliran ft/s	0,61	0,51	1,51	1,79
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40
OD, in	0,84	0,84	3,5	3,5
ID, in	0,62	0,62	3,07	3,07
<b>Dimensi Daya</b>				
<i>Friction head</i>	0,91	2,54	0,95	0,10
Efisiensi pompa	20%	20%	25%	28%
Jenis pompa	<i>Centrifugal Single Stage</i>			
Daya pompa, watt	1,84	4,69	561,06	1.287,61
Daya motor, watt	37,29	37,29	745,70	1.491,4
Kecepatan putar, rpm	1.094,60	536,95	2.011,56	1.047,13

Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa (P-09, P-10, P-11 dan P-12) (Lanjutan)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P - 09</b>	<b>P - 10</b>	<b>P - 11</b>	<b>P - 12</b>
Harga, \$	\$16.191,88	\$16.191,88	\$11.103	\$18.505,01

Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa (P-13, P-14, P-15 dan P-16)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P-13</b>	<b>P-14</b>	<b>P-15</b>	<b>P-16</b>
Fungsi	Mengalirkan produk keluaran bawah CD-01 diumpankan menuju bagian atas MD-01	Mengalirkan dan menaikkan tekanan produk bawah MD-01 menuju RB-01	Mengalirkan fluida dari RB-01 ke CL-03	Mengalirkan produk CL-03 menuju T-05
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Single Stage</i>			
<i>Impeller</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commersial Steel</i>			
<b>Spesifikasi Pompa</b>				
Viskositas, Cp	0,26	1,28	0,22	0,69
Kapasitas , m <sup>3</sup> /jam	16,68	7,07	7,06	6,11
<i>Pump head</i> , m	108,19	8,21	0,55	7,85

Tabel 3. 19 Spesifikasi Pompa (P-13, P-14, P-15 dan P-16) (Lanjutan)

<b>Spesifikasi Pompa</b>				
<b>Kode</b>	<b>P - 13</b>	<b>P - 14</b>	<b>P - 15</b>	<b>P - 16</b>
Suhu fluida, °C	130,95	143	143	35
Instalasi	Horisontal dan <i>vertical</i>			
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>			
<i>Rate volumetrik</i> , ft <sup>3</sup> /s	0,16	0,07	0,07	0,06
Kecepatan aliran ft/s	11,55	1,35	1,35	1,17
<i>Sch.Number</i>	40	40	40	40
OD, in	1,9	3,5	3,5	3,5
ID, in	1,61	3,07	3,07	3,07
<b>Dimensi Daya</b>				
<i>Friction head</i>	89,83	0,83	0,55	0,53
Efisiensi pompa	38%	24%	25%	21%
Jenis pompa	<i>Centrifugal Single Stage</i>			
Daya pompa, watt	10.807,31	503,56	32,69	549,85
Daya motor, watt	11.185,50	745,70	37,28	745,70
Kecepatan putar, rpm	366,71	1.652,21	12.440,05	793,87
Harga, \$	\$18.505,01	\$18,505.01	\$18.505,01	\$18.505,01

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 20 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
$C_2H_3COOC_4H_9$	0	3.768,83
$CH_2CHCOOH$	2.355,52	235,55
$CH_3(CH_2)_3OH$	2.663,04	484,19
$H_2O$	50,56	580,55
$C_{18}H_{30}$	25,09	25,09
$C_7H_8O_2$	66,58	66,58
<b>Total</b>	<b>5.160,79</b>	<b>5.160,79</b>

#### 3.4.2 Neraca Massa Alat

##### 1. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 21 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)				Keluar (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5
$C_2H_3COOC_4H_9$	0	0	0	0	3.768,83
$CH_2CHCOOH$	2.355,52	0	0	0	235,55
$CH_3(CH_2)_3OH$	0	2.663,04	0	0	484,19
$H_2O$	23,79	26,76	0	0	580,55
$C_{18}H_{30}$	0	0	0	25,09	25,09
$C_7H_8O_2$	0	0	66,58	0	66,58
<b>Sub Total</b>	<b>2.379,31</b>	<b>2.689,81</b>	<b>66,58</b>	<b>25,09</b>	<b>5.160,79</b>
<b>Total</b>	<b>5.160,79</b>				<b>5.160,79</b>

## 2. Neraca Massa di Dekanter (DC-01)

Tabel 3. 22 Neraca Massa Dekanter (DC-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
$C_2H_3COOC_4H_9$	3.768,83	3.768,83	0
$CH_2CHCOOH$	235,55	235,55	0
$CH_3(CH_2)_3OH$	484,19	481,80	2,39
$H_2O$	580,55	580,55	0
$C_{18}H_{30}$	25,09	0	25,09
$C_7H_8O_2$	66,58	0	66,58
<b>Sub Total</b>	<b>5.160,79</b>	<b>5.066,73</b>	<b>94,06</b>
<b>Total</b>	<b>5.160,79</b>	<b>5.160,79</b>	

## 3. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 23 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 11
$C_2H_3COOC_4H_9$	3.768,83	18,84	3.749,99
$CH_2CHCOOH$	235,55	233,20	2,36
$CH_3(CH_2)_3OH$	481,80	479,39	2,41
$H_2O$	580,55	580,26	0,29
$C_{18}H_{30}$	0	0	0
$C_7H_8O_2$	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>5.066,73</b>	<b>1.311,69</b>	<b>3.755,04</b>
<b>Total</b>	<b>5.066,73</b>	<b>5.066,73</b>	



#### 4. Neraca Massa di *Condenser* (CD-01)

Tabel 3. 24 Neraca Massa *Condenser* (CD-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
$C_2H_3COOC_4H_9$	33,37	14,53	18,84
$CH_2CHCOOH$	232,31	101,14	131,17
$CH_3(CH_2)_3OH$	849,02	369,63	479,39
$H_2O$	1.027,66	447,40	580,26
$C_{18}H_{30}$	0	0	0
$C_7H_8O_2$	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>2.142,36</b>	<b>932,70</b>	<b>1.209,67</b>
<b>Total</b>	<b>2.142,36</b>	<b>2.142,36</b>	

#### 5. Neraca Massa di *Reboiler* (RB-01)

Tabel 3. 25 Neraca Massa *Reboiler* (RB-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_2H_3COOC_4H_9$	50.668	46.923	3.745
$CH_2CHCOOH$	31,84	29,49	2,35
$CH_3(CH_2)_3OH$	32,54	30,14	2,41
$H_2O$	3,93	3,64	0,29
$C_{18}H_{30}$	0	0	0
$C_7H_8O_2$	0	0	0
<b>Sub Total</b>	<b>50.737</b>	<b>46.987</b>	<b>3.750</b>
<b>Total</b>	<b>50.737</b>	<b>50.737</b>	

### 3.5 Neraca Panas

#### 1. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 26 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
$Q_{in}$	623.851	0
$Q_{out}$	0	665.404
Q reaksi	360.394	0
$Q_{pendingin}$	0	318.841
<b>Total</b>	<b>984.246</b>	<b>984.246</b>

#### 2. Neraca Panas di Dekanter (DC-01)

Tabel 3. 27 Neraca Panas Dekanter (DC-01)

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)	
$C_2H_3COOC_4H_9$	435.704	435.704	0
$CH_2CHCOOH$	27.710	27.710	0
$CH_3(CH_2)_3OH$	59.233	58.940	292,61
$H_2O$	133.409	133.409	0
$C_{18}H_{30}$	2.302,71	0	2.302,71
$C_7H_8O_2$	7.044,40	0	7.044,40
<b>Sub Total</b>	<b>665.404</b>	<b>655.764</b>	<b>9.639</b>
<b>Total</b>	<b>665.404</b>	<b>665.404</b>	

#### 3. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 28 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
$\Delta H_{umpan}$	1.453.710	0
$\Delta H_{distilat}$	0	409.834
$\Delta H_{condensor}$	0	-3.686.923

Tabel 3. 27 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01) (Lanjutan)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
$\Delta H_{bottom}$	0	17.039.674
$\Delta H_{reboiler}$	12.308.874	0
<b>Total</b>	<b>13.762.584</b>	<b>13.762.584</b>

4. Neraca Panas di *Heater 1* (HE-01)

Tabel 3. 29 Neraca Panas *Heater-01* (HE-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
$Q_{in}$	55,004	0
$Q_{out}$	0	227,397
$Q_{steam}$	172,392	0
<b>Total</b>	<b>227,397</b>	<b>227,397</b>

5. Neraca Panas di *Heater 2* (HE-02)

Tabel 3. 30 Neraca Panas *Heater-02* (HE-02)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
$Q_{in}$	204,84	0
$Q_{out}$	0	2.302.71
$Q_{steam}$	2.097.87	0
<b>Total</b>	<b>2.302,71</b>	<b>2.302,71</b>

6. Neraca Panas di *Heater 3* (HE-03)

Tabel 3. 31 Neraca Panas *Heater-03* (HE-03)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
$Q_{in}$	419.736	0
$Q_{out}$	0	1.450.090
$Q_{steam}$	1.030.353	0
<b>Total</b>	<b>1.450.090</b>	<b>1.450.090</b>

## 7. Neraca Panas di Cooler 1 (CL-01)

Tabel 3. 32 Neraca Panas Cooler-01 (CL-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
<i>Q<sub>in</sub></i>	665,404	0
<i>Q<sub>out</sub></i>	0	419,736
<i>Q<sub>steam</sub></i>	0	245,667
<b>Total</b>	<b>665,404</b>	<b>665,404</b>

## 8. Neraca Panas di Cooler 2 (CL-02)

Tabel 3. 33 Neraca Panas Cooler-02 (CL-02)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
<i>Q<sub>in</sub></i>	6.074,78	0
<i>Q<sub>out</sub></i>	0	1.713,33
<i>Q<sub>steam</sub></i>	0	4.361,46
<b>Total</b>	<b>6.074,78</b>	<b>6.074,78</b>

## 9. Neraca Panas di Cooler 3 (CL-03)

Tabel 3. 34 Neraca Panas Cooler-03 (CL-03)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (Kj/jam)</b>	<b>Keluar (Kj/jam)</b>
<i>Q<sub>in</sub></i>	1.355.021	0
<i>Q<sub>out</sub></i>	0	76.812
<i>Q<sub>steam</sub></i>	0	1.278.208
<b>Total</b>	<b>1.355.021</b>	<b>1.355.021</b>

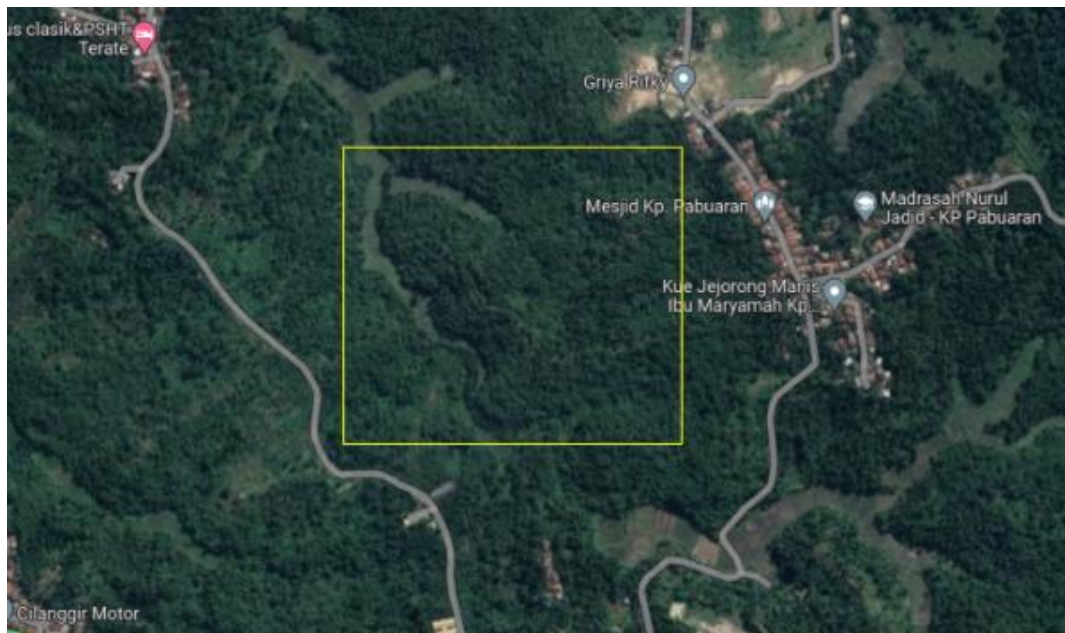
## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **1.1 Lokasi Pabrik**

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor-faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal ini menjadi perhatian karena menyangkut keberlangsungan pabrik baik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik di antaranya bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, sarana pendukung dan sebagainya. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin. Oleh karena itu, pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik butil akrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di area sawah/kebun, Kabupaten Cilegon, Banten. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada gambar 4.1. Pemilihan lokasi ini berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

### 1.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan bahan baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku dengan meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik, maka pabrik butil akrilat yang bahan baku utamanya adalah butanol dan asam akrilat akan didirikan di Kabupaten Cilegon yang dekat dengan sumber bahan baku asam akrilat yaitu milik PT. Nippon Shokubai Indonesia di Cilegon, Serang, Banten.

b. Pemasaran

Lokasi pabrik diharapkan dekat dengan industri-industri lain yang membutuhkan butil akrilat sebagai bahan baku maupun pendukung.

Daerah Cilegon adalah daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Cilegon sebagai pasar yang baik bagi butil akrilat. Untuk pemasaran hasil produksi dapat dilakukan melalui jalur darat maupun laut. Butil akrilat dapat digunakan di beberapa industri misalnya, industri kertas, tekstil, dan cat.

c. Utilitas

Dalam proses produksi, sarana pendukung atau proses yang disebut dengan utilitas merupakan satu hal yang penting. Sarana utilitas tersebut antara lain air, listrik, bahan bakar dan lain-lain. Untuk itu, lokasi pabrik yang dekat dengan ketersediaan sarana utilitas yang baik sangat menguntungkan. Pada pabrik ini, air dapat diperoleh dari Waduk Nadra yang mana Waduk ini sebagai penampungan air dari sungai Rawa Danau dan beberapa aliran sungai di sekitar Kota Cilegon. Kebutuhan listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang memiliki pembangkit listrik dengan kapasitas  $\pm 10.000$  MW, apabila terjadi gangguan dapat memanfaatkan generator cadangan. Sementara, kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT. Pertamina RU IV Balongan, Indramayu.

d. Transporasi

Sarana transportasi yang memadai juga merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik karena diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi, Kabupaten Cilegon relatif

strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Cikampek, Karawang, dan Surakarta. Selain itu Cilegon juga dekat dengan pelabuhan yaitu Pelabuhan Merak yang berada di Kab. Banten. Penetapan lokasi kecamatan Anyar, Cilegon telah memenuhi kriteria lokasi yang memiliki infrastruktur

- Transportasi Darat

Jarak antara lokasi bahan baku (Asam Akrilat) dengan lokasi pabrik butil akrilat menggunakan transportasi darat kurang lebih 4 km.

- Transportasi Udara

Lokasi pendirian pabrik butil akrilat dapat dijangkau dengan menggunakan transportasi udara melalui Bandara Soekarno Hatta International Airport, Tangerang dengan jarak sejauh  $\pm 112$  km dari pabrik. Dapat juga melalui Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur dengan jarak sejauh  $\pm 124$  km.

- Transportasi Laut

Jarak antara lokasi pendirian pabrik butil akrilat berdekatan dengan Pelabuhan Merak Banten sejauh  $\pm 22$  km.

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di suatu daerah tentu saja akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat sekitar. Namun, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas



menjadi satu hal yang penting bagi kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan baik. Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah, dan tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

### **1.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik**

#### **a. Perluasan Pabrik**

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

#### **b. Kebijakan Pemerintah**

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

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

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

d. Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20 – 30°C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

e. Sarana Pendukung

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

## **1.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan tempat kedudukan dari keseluruhan bagian yang ada di pabrik. Tata letak pabrik meliputi tempat perkantoran/administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung proses, fasilitas karyawan serta tempat

lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa agar secara ekonomi kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien dan optimal, misalnya lalu lintas barang dan akses karyawan. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting. Penempatan alat-alat produksi harus ditata sedemikian rupa agar keamanan dan kenyamanan karyawan selama bekerja dapat terjamin. Perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki keuntungan yaitu (*Peters and Timmerhaus, 2004*):

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga dapat mengurangi material handling.
5. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut:

### **1.2.1 Perkantoran/Administrasi**

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

### **1.2.2 Produksi**

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

### **1.2.3 Instalasi dan Utilitas**

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

### **1.2.4 Fasilitas Umum**

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

### **1.2.5 Keamanan**

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

pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

### **1.2.6 Pengolahan Limbah**

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

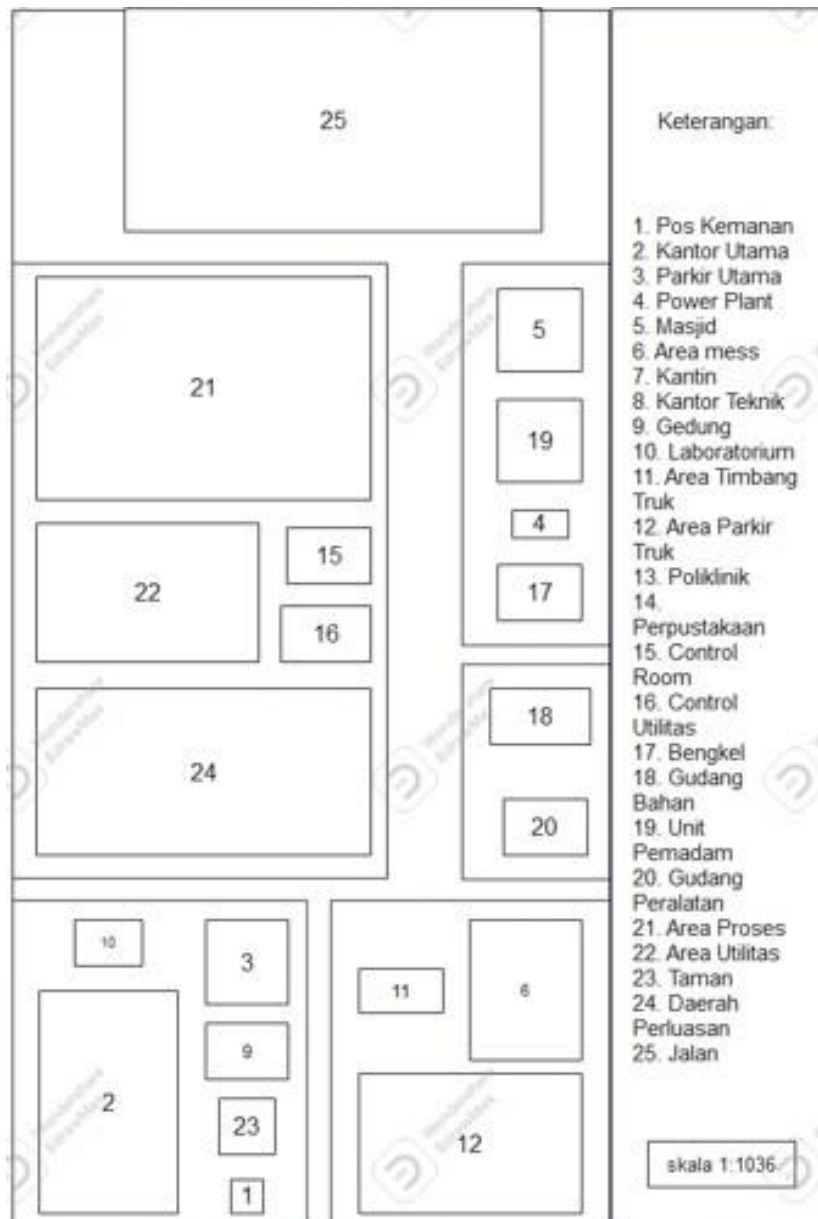
### **1.2.7 Perluasan**

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang. Pembangunan pabrik butil akrilat direncanakan akan menggunakan area seluas 21.022 m<sup>2</sup>. Adapun rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Keamanan	6	6	36
2	Kantor Utama	25	40	1000
3	Parkir Karyawan	20	15	300
4	Parkir Tamu	15	15	225
5	<i>Power Plant</i>	10	5	50
6	Masjid	15	15	225
7	Area Mess	25	20	500
8	Kantin	10	10	100
9	Kantor Teknik dan Produksi	15	10	150
10	Gedung Serba Guna	18	10	180
11	Laboratorium	15	10	150
12	Area Timbang Truk	15	8	120
13	Area Parkir Truk	20	20	400
14	Poliklinik	10	10	100
15	Perpustakaan	10	10	100
16	Unit Pemadam Kebakaran	15	15	225
17	<i>Control Room</i>	15	10	150
18	<i>Control Utilitas</i>	15	10	150
19	Bengkel	15	10	150
20	Unit Pengolahan Limbah	15	10	150
21	Gudang Peralatan	15	10	150
22	Area Proses	60	40	2400
23	Area Utilitas	40	25	1000
24	Taman	10	10	100
25	Daerah Perluasan	60	30	1800
26	Jalan	40	75	3000
Luas Tanah				12.911
Luas Bangunan				8.111

Luas bangunan didapatkan dari luas tanah dikurangi dengan luas jalan dan luas daerah perluasan.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

### 1.3 Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat proses atau *machines layout* merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya

konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Selain itu, hal ini menjadi penting karena berkaitan dengan keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan selama bekerja. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

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

b. Aliran Udara

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

c. Pencahayaan

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

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Lalu lintas manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi



karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

e. Jarak antar Alat Proses

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

f. Pertimbangan Ekonomi

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

g. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan (Vibrant, 1959). Ada tiga macam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

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

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

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

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

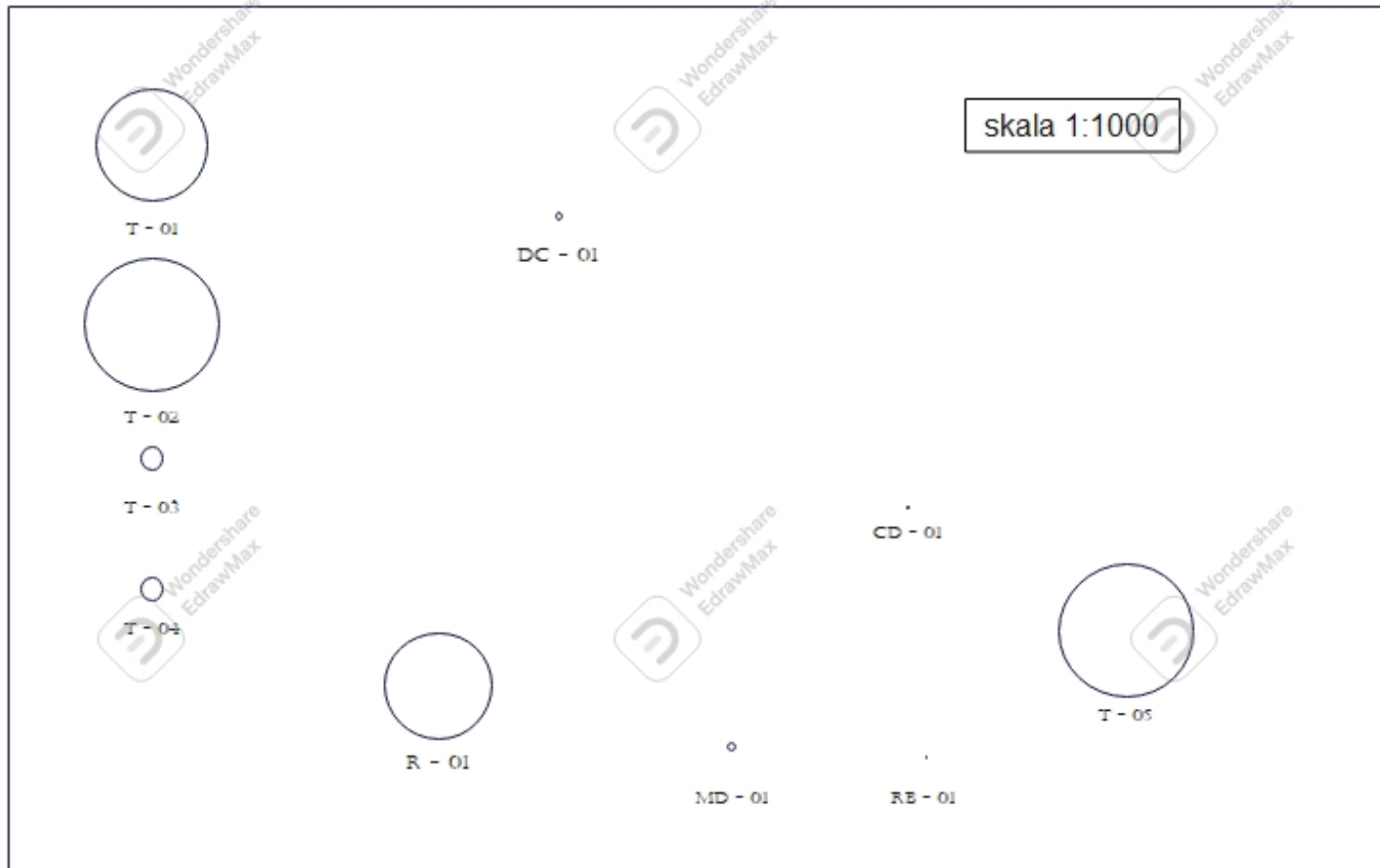
3. Tata Letak Kelompok (*Group Layout*)

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

h. Kemudahan Pemeliharaan

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

peralatan. Tata letak alat-alat proses (*machines layout*) dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Tata Alat Proses

Keterangan:

- |                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. T – 01 : Tangki Asam Akrilat  | 6. R – 01 : Reaktor           |
| 2. T – 02 : Tangki Butanol       | 7. DC – 01 : Dekanter         |
| 3. T – 03 : Tangki DBSA          | 8. MD – 01 : Menara Distilasi |
| 4. T – 04 : Tangki MEHQ          | 9. RB – 01 : Reboiler         |
| 5. T – 05 : Tangki Butil Akrilat | 10. CD – 01 : Condensor       |

## 1.4 Organisasi Perusahaan

### 1.4.1 Bentuk Perusahaan

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

#### 1. Mudah Mendapatkan Modal

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

## 2. Wewenang dan Tanggung jawab Pemegang Saham Terbatas

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

## 3. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

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

## 4. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

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

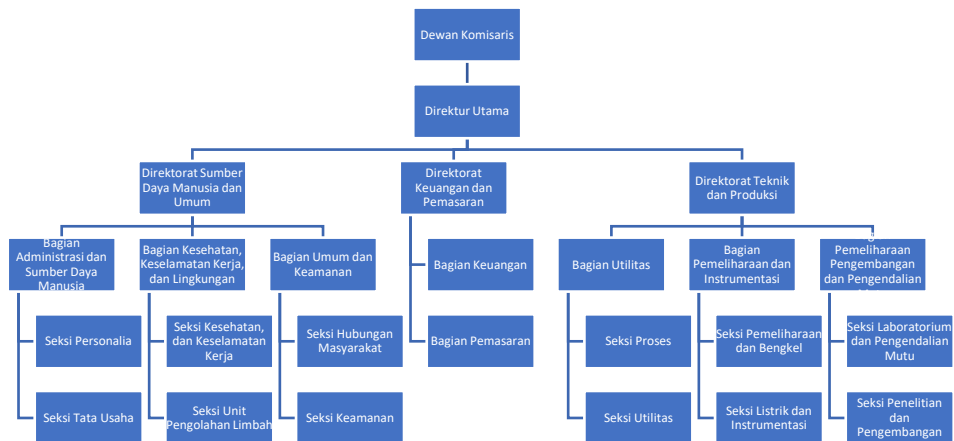
### **4.4.2 Struktur Organisasi**

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

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

1. Sebagai garis atau *line* merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai staf merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional. Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan.

Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

#### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

##### 1. Pemegang Saham

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

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



## 2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut:

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

## 3. Direktur Utama

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

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

- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain:

- a. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

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

- b. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

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

- c. Direktorat Teknik dan Produksi

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

Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

#### 4. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggung jawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari:

##### a. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

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

##### b. Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan

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

##### c. Bagian Umum dan Keamanan

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

##### d. Bagian Keuangan

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

e. Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.

f. Bagian Proses dan Utilitas

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

g. Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

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

h. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

5. Seksi

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

a. Seksi Personalia

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

b. Seksi Tata Usaha

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

c. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

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

d. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

e. Seksi Hubungan Masyarakat

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

f. Seksi Keamanan

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

g. Seksi Proses

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

h. Seksi Utilitas

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

i. Seksi Pemeliharaan dan bengkel

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

j. Seksi Listrik dan Instrumentasi

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

k. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

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

l. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan

6. Staf Ahli

Staf Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik, keuangan dan pemasaran maupun sumber daya manusia dan umum. Staf ahli

bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang sebagai berikut:

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

#### **4.4.4 Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan**

##### **1. Status Karyawan**

Berdasarkan statusnya karyawan dibedakan menjadi beberapa golongan, antara lain:

##### **a. Karyawan Tetap**

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

##### **b. Karyawan Harian**

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

c. Karyawan Borongan

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

2. Penggolongan Jabatan

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

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan

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



### 3. Jumlah Karyawan

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

Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1
4	Direktur teknik dan produksi	1
5	Ka. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1
6	Ka. Bagian Kesehatan, Keselamatan kerja, dan Lingkungan	1
7	Ka. Bagian Umum dan Keamanan	1
8	Ka. Bagian Keuangan	1
9	Ka. Bagian Pemasaran	1
10	Ka. Bagian Proses dan Utilitas	1
11	Ka. Bagian Pemeliharaan listrik dan Instrumentasi	1
12	Ka. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1
13	Ka. Seksi Personalialia	1
14	Ka. Seksi Tata Usaha	1
15	Ka. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1
16	Ka. Seksi Unit Pengolahan Limbah	1

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah
17	Ka. Seksi Hubungan Masyarakat	1
18	Ka. Seksi Keamanan	1
19	Ka. Seksi Proses	1
20	Ka. Seksi Utilitas	1
21	Ka. Seksi Pemeliharaan dan Bengkel	1
22	Ka. Seksi Listrik dan Instrumentasi	1
23	Ka. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1
24	Ka. Seksi Penelitian dan Pengembangan	1
25	Karyawan Personalia	5
26	Karyawan Tata Usaha	5
27	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	5
28	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5
29	Karyawan Hubungan Masyarakat	4
30	Karyawan Keamanan	10
31	Karyawan Proses	7
32	Karyawan Utilitas	4
33	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5
34	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5
35	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5
36	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5
37	Operator	57
38	Sekretaris	3
39	Dokter	4

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah
40	Perawat	6
41	Sopir	5
42	<i>Cleaning service</i>	8
Total		172

#### 4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

##### 1. Pembagian Jam Kerja

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

##### a. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Karyawan *non shift* meliputi jajaran direksi, kepala bagian, kepala seksi serta jabatan-jabatan di bawahnya yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift*

bekerja selama 5 hari selama seminggu, berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non *shift*:

Senin-Kamis : 07.00 -15.00 (istirahat 11.00-12.00) WIB

Jumat : 07.00 - 15.00 (istirahat 11.30-13.00) WIB

b. Karyawan *shift*

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

*Shift* Pagi : pukul 07.00 - 15.00

*Shift* Sore : pukul 15.00 - 23.00

*Shift* Malam : pukul 23.00 - 07.00

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

3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Jadwal *shift* karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Jadwal *Shift* Karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S	S	L	L
B	P	P	L	S	S	S	S	S	L	L	M	M	M	M	M
C	S	S	S	L	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P
D	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M
B	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
C	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P
D	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S

Keterangan:

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

## 2. Sistem gaji karyawan

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

### a. Gaji Bulanan

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

### b. Gaji Harian

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

### c. Gaji Lembur

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

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

Tabel 4. 5 Rincian gaji setiap karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1	Direktur Utama	1	Rp.40,000,000	Rp.40,000,000	Rp.480,000,000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp.40.000,000	Rp.40,000,000	Rp.480,000,000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp.40,000,000	Rp.40,000,000	Rp.480,000,000
4	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	Rp.30,000,000	Rp.30,000,000	Rp.360,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp.30,000,000	Rp.30,000,000	Rp.360,000,000
6	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000
7	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000



Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
8	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000
9	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000
10	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000
11	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
12	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp.10,000,000	Rp.10,000,000	Rp.120,000,000
13	Ka. Sek. Proses	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
14	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
15	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
16	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
17	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
18	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
19	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
20	Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
21	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
22	Ka. Sek. Personalia	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
23	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
24	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp.9,000,000	Rp.9,000,000	Rp.108,000,000
25	Karyawan Proses	6	Rp.7,000,000	Rp.7,000,000	Rp.504,000,000
26	Karyawan Utilitas	4	Rp.7,000,000	Rp.28,000,000	Rp.336,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
27	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	4	Rp.7,000,000	Rp.28,000,000	Rp.336,000,000
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	4	Rp.7,000,000	Rp.28,000,000	Rp.336,000,000
29	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	8	Rp.7,000,000	Rp.56,000,000	Rp.672,000,000
30	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	8	Rp.7,000,000	Rp.56,000,000	Rp.672,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
31	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	6	Rp.7,000,000	Rp.42,000,000	Rp.504,000,000
32	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	4	Rp.7,000,000	Rp.28,000,000	Rp.336,000,000
33	Karyawan Tata Usaha	5	Rp.6,200,000	Rp.31,000,000	Rp.372,000,000
34	Karyawan Personalia	5	Rp.6,200,000	Rp.31,000,000	Rp.372,000,000
35	Karyawan Hubungan Masyarakat	5	Rp.6,200,000	Rp.31,000,000	Rp.372,000,000
36	Karyawan Keamanan	10	Rp.6,200,000	Rp.62,000,000	Rp.744,000,000

Tabel 4.5 Rincian gaji setiap karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
37	Operator	51	Rp.5,500,000	Rp.280,500,000	Rp.3,336,000,000
38	Perawat	5	Rp.6,000,000	Rp.30,000,000	Rp.360,000,000
39	Sopir	6	Rp.5,500,000	Rp.33,000,000	Rp.396,000,000
40	<i>Cleaning Service</i>	10	Rp.5,500,000	Rp.55,000,000	Rp.660,000,000
41	Satpam	4	Rp.5,500,000	Rp.22,000,000	Rp.246,000,000
<b>Total</b>		<b>169</b>	<b>Rp.466,800,000</b>	<b>Rp.1,124,500,000</b>	<b>Rp.14,898,000,000</b>

#### 4.4.6 Ketenagakerjaan

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

1. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari:

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

2. Hari Libur Nasional

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

3. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

- a. Cuti tahunan



Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.

b. Cuti sakit

Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan.

4. Fasilitas Karyawan

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

a. Poliklinik

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

b. Tempat Ibadah

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

c. Pakaian Kerja

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

d. Makan dan Minum

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

d. Transportasi

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

## 5. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungungan jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS).

# **BAB V**

## **UTILITAS**

### **5.1 Pelayanan Teknik (Utilitas)**

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik butil akrilat ini, meliputi:

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

#### **5.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)**

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

1. Unit Penyediaan Air

Pada unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung

kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia. Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik butil akrilat ini berasal dari Sungai Rawa Danau. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

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

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik butil akrilat ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut.

- a. Air Domestik (*Domestic Water*)

*Domestic water* merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet,

perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

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

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

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

c. Air Pendingin (*Cooling Water*)

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

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

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

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

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

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

- Zat yang menyebabkan korosi  
Beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada *boiler* adalah larutan asam dan gas-gas terlarut seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{SO}_2$ .
- Zat yang menyebabkan kerak  
Yang dapat menyebabkan kerak pada *boiler* adalah adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

## 2. Unit Pengolahan

Pengolahan air dimaksudkan untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Rawa Danau harus mengalami beberapa tahap pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar dapat digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik butil akrilat ini adalah sebagai berikut.

- a. Penghisapan
- b. Penyaringan (*Screening*)
- c. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)
- d. Bak Penggumpal
- e. Bak Pengendap I dan II
- f. *Sand Filter*
- g. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)
- h. Klorinasi
- i. *Cooling Tower*
- j. Demineralisasi

## 3. Kebutuhan Air

Rincian kebutuhan air pada pabrik butil akrilat ini adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan Air Domestik (*Domestic Water*)



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

- Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan = 172 orang

Kebutuhan air setiap karyawan = 100 L/hari

Total kebutuhan air karyawan = 16.833,74 kg/hari

- Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah = 20

Jumlah orang tiap unit = 4 orang

Kebutuhan air setiap orang = 150 L/hari

Total kebutuhan air perumahan = 15.326,36 kg/hari

Total kebutuhan air domestik = 32.160,10 kg/hari

= 1.340 kg/jam

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

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

c. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan *Cooling Water*

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (Kg/Jam)</b>
<i>Cooler</i> - 01	CL - 01	32,60
<i>Cooler</i> - 02	CL - 02	0,58

Tabel 5.1 Kebutuhan *Cooling Water* (Lanjutan)

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (Kg/Jam)</b>
<i>Cooler</i> - 03	CL - 03	10,62
<i>Condenser</i> - 01	CD - 01	18.253,38
Reaktor	R-01	7.686,64
Total		25.938,83

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga didapatkan kebutuhan air pendingin sebesar 678,49 kg/jam.

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

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/Jam)
<i>Heater</i> -01	HE-01	67,25
<i>Heater</i> -02	HE-02	0,78
<i>Heater</i> -03	HE-03	401,92
<i>Reboiler</i>	RB - 01	533,56
Jumlah		1.003,45

Pada perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga didapatkan kebutuhan air pembangkit *steam* sebesar 1.204,19 kg/jam. Sedangkan untuk nilai *blowdown* pada *reboiler* adalah 15% dari kebutuhan *steam*. Sehingga diperoleh *blowdown* sebesar 180,63 kg/jam, dan kebutuhan *make up air* untuk *steam* dengan *overdesign* 20% sebesar 289 kg/jam.

e. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 3 Kebutuhan *Cooling Water*

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (Kg/Jam)</b>
<i>Cooler - 01</i>	CL - 01	32,60
<i>Cooler - 02</i>	CL - 02	0,58
<i>Cooler - 03</i>	CL - 03	10,62
<i>Condenser - 01</i>	CD - 01	18.253,39
Reaktor	R-01	7.686,64
Total		25.938,83

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga didapatkan kebutuhan air pendingin sebesar 678,49 kg/jam.

f. Kebutuhan Air Umpan *Boiler (Boiler Feed Water)*

Tabel 5. 4 Kebutuhan *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/Jam)
<i>Heater-01</i>	HE-01	67,25
<i>Heater-02</i>	HE-02	0,78
<i>Heater-03</i>	HE-03	401,92
<i>Reboiler</i>	RB - 01	533,56
Jumlah		1.003,49

Pada perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga didapatkan kebutuhan air pembangkit *steam* sebesar 1.204,19 kg/jam. Sedangkan untuk nilai *blowdown* pada *reboiler* adalah 15% dari kebutuhan *steam*. Sehingga diperoleh *blowdown*

sebesar 180,63 kg/jam, dan kebutuhan *make up air* untuk steam dengan *overdesign* 20% sebesar 289 kg/jam.

Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Air

No.	Keperluan	Jumlah (Kg/Jam)
1	<i>Domestic Water</i>	1.340
2	<i>Service Water</i>	500
3	<i>Cooling Water</i>	25.983,83
4	<i>Steam Water</i>	1.204,19
	<b>Total</b>	<b>29.028,03</b>

### 5.5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

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

Kapasitas = 1.204,2 kg/jam

Jenis = *Water tube boiler*

Jumlah = 1

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

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari boiler. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 101,3 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

### **5.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

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

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

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik butil akrilat ini adalah sebagai berikut.

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor	R-01	10	7,46
Pompa-01	P-01	0,008	5,96
Pompa-02	P-02	0,50	375,03
Pompa-03	P-03	0,01	8,09
Pompa-04	P-04	0,0012	0,89
Pompa-05	P-05	0,146	108,87
Pompa-06	P-06	0,0026	1,94
Pompa-07	P-07	0,311	231,91
Pompa-08	P-08	0,18	131,98
Pompa-09	P-09	0,0024	1,79
Pompa-10	P-10	0,0063	4,69
Pompa-11	P-11	0,75	561,06
Pompa-12	P-12	1,73	1.290,06
Pompa-13	P-13	0,45	339,29
Pompa-14	P-14	0,67	503,57
Pompa-15	P-15	0,04	32,81
Pompa-16	P-16	0,74	549,58
<b>Total</b>		<b>16,08</b>	<b>11.985,72</b>
Power yang dibutuhkan =		11.985,72	Watt
		11,98	kW

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1.491,4
Blower Cooling Tower	BL-01	7,5	5.592,75
Kompresor Udara	CP-01	10	7.457
Pompa Utilitas-01	PU-01	1,41	1.054,65
Pompa Utilitas-02	PU-02	1,39	1.039,49
Pompa Utilitas-03	PU-03	1,36	1.013,68
Pompa Utilitas-04	PU-04	0,00015	0,11
Pompa Utilitas-05	PU-05	1,41	1.054,78
Pompa Utilitas-06	PU-06	1,35	1.008,28
Pompa Utilitas-07	PU-07	0,58	432,51
Pompa Utilitas-08	PU-08	0,04	28,67
Pompa Utilitas-09	PU-09	0,04	27,85
Pompa Utilitas-10	PU-10	0,0000003	0,0002
Pompa Utilitas-11	PU-11	0,12	91,93
Pompa Utilitas-12	PU-12	0,12	91,35
Pompa Utilitas-13	PU-13	0,03	23,48
Pompa Utilitas-14	PU-14	0,03	23,48
Pompa Utilitas-15	PU-15	0,91	676,04
Pompa Utilitas-16	PU-16	1,21	902,84
Pompa Utilitas-17	PU-17	0,05	40,54
Pompa Utilitas-18	PU-18	0,10	78,07
Pompa Utilitas-19	PU-19	0,10	75,80
Pompa Utilitas-20	PU-20	0,04	30,47
Pompa Utilitas-21	PU-21	0,04	30,34
<b>Total</b>		<b>29,86</b>	<b>22.265,60</b>

Power yang dibutuhkan = 22.265,60 Watt

= 22,265 kW

**Total kebutuhan listrik plant = 34,08 kW**

c. Kebutuhan Listrik Lainnya

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

Kebutuhan penunjang alat listrik secara lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik

<b>Keperluan</b>	<b>Kebutuhan (kW)</b>
Kebutuhan Plant	
Proses	11,82
Utilitas	22
Penerangan	100
AC	30
Laboratorium dan bengkel	75
Instrumentasi	50
<b>Total</b>	<b>289</b>

#### **5.5.4 Unit Penyedia Udara Tekan (*Instrument Air System*)**

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke



unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 52.67 m<sup>3</sup> /jam dengan tekanan 6.35 bar.

#### **5.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar**

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler sebesar 71,32 kg/jam dan generator sebesar 132,25 l/jam.

#### **5.5.6 Unit Pengolahan Limbah**

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

1. Limbah Cair

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

- COD : maks. 100 mg/l

- BOD : maks. 20 mg/l
- TSS : maks. 80 mg/l
- Oil : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut.

a. Limbah Air Proses

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

b. Limbah Utilitas

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

c. Limbah Sanitasi

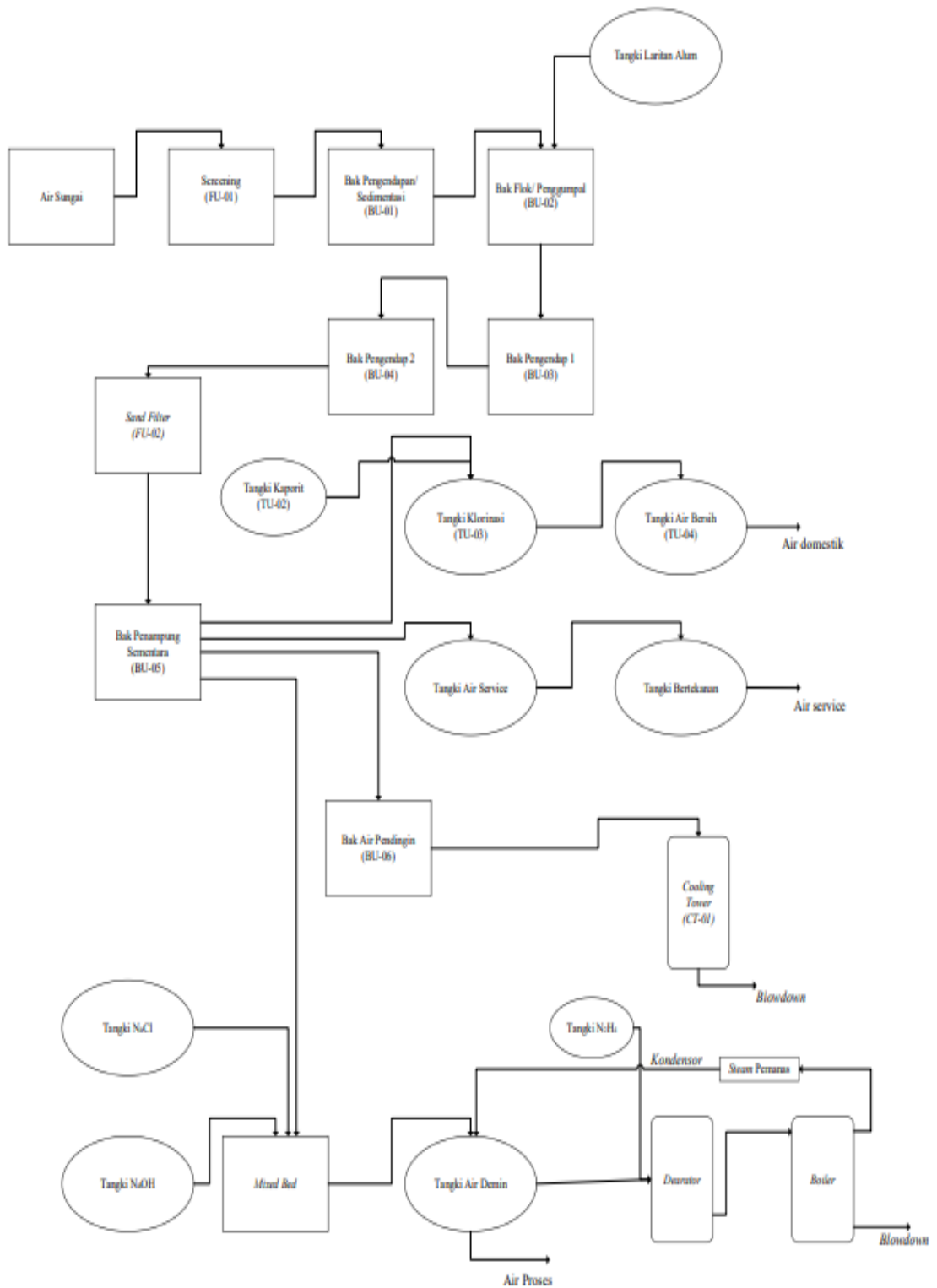
Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan

khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

## 2. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut *sludge*. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)
- Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
- Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
- Pengeringan lumpur (*sludge drying*)



Gambar 5. 1 Diagram Alir Pengolahan Air

### 5.5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

#### 1. Pompa Utilitas

Tabel 5. 9 Pompa Utilitas (PU-01, PU-02, PU-03, PU-04, dan PU-05)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screener</i>	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>Reservoir/Sedimentasi</i> (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (BU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02) menuju Bak Pengendapan 1 (BU-03)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pump</i>				
<i>Impeller</i>	<i>mixed flow impellers</i>	<i>mixed flow impellers</i>	<i>mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>mixed flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Viskositas,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas,ft <sup>2</sup> /s	0,40	0,38	0,36	0,000019	0,36
Pump head, m	4,21	4.19	3,94	3,73	4,09
Suhu fluida,C	30	30	30	30	30

Tabel 5.9 Pompa Utilitas (PU-01, PU-02, PU-03, PU-04, dan PU-05) (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Submersibility	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>
Rate volumetrik, ft <sup>2</sup> /s	0,40	0,38	0,36	0,000019	0,36
Kecepatan aliran, ft/s	1,99	1,89	1,80	0,04	1,80
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD , in	6,62	6,62	6,62	0,40	6,62
ID, in	6,06	6,06	6,06	0,27	6,06
<i>Friction head</i>	0,62	0,56	0,64	0,001	0,48
Efisiensi pompa	49%	47%	43%	20%	43%
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	1054,64	1.039,49	1.013,68	0,11	1.054,78
Daya motor, watt	1491,4	1.491,4	1.491,4	37,28	1.491,4
Kecepatan putar, rpm	6.547,75	6.405,22	6.544,13	50,18	6.351,91
Harga alat, \$	\$23.825,20	\$23.825,20	\$23.825,20	\$4.394,94	\$23.825,20

Tabel 5. 10 Pompa Utilitas (PU-06, PU-07, PU-08, PU-09, dan PU-10)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>				
<b>Kode</b>	<b>PU-06</b>	<b>PU-07</b>	<b>PU-08</b>	<b>PU-09</b>	<b>PU-10</b>
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan 1 (BU-03) menuju Bak Pengendap 2 (BU - 04)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 2 (BU - 04) menuju Bak Saringan Pasir (FU - 02)	Mengalirkan air dari Bak Saringan Pasir (FU - 02) menuju Bak Penampungan Sementara (BU - 05)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU - 05) menuju area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (T-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)
<b>Jenis Pompa</b>	<i>Centrifugal Pump</i>				
<b>Impeller</b>	<i>mixed flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
<b>Bahan Kontruksi</b>	<i>Commercial Steel</i>				
<b>Viskositas,cp</b>	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
<b>Kapasitas,ft<sup>2</sup>/s</b>	0,34	0,33	0,01	0,01	0,0000001
<b>Pump head, m</b>	4,03	1,82	1,31	1,27	1,27
<b>Suhu fluida,C</b>	30	30	30	30	30
<b>Instalasi</b>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horisontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>
<b>Submersibility</b>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>

Tabel 5.10 Pompa Utilitas (PU-06, PU-07, PU-08, PU-09, dan PU-10) (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Kecepatan aliran, ft/s	1,71	3,69	2,39	2,39	0,0003
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD , in	6,62	4,5	1,32	1,32	0,40
ID, in	6,06	4,03	1,05	1,05	0,27
<i>Friction head</i>	0,47	3,21	1,66	1,66	0,0000001
Efisiensi pompa	42%	42%	20%	20%	20%
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	1.008,28	432,59	28,66	27,85	0,0002
Daya motor, watt	1.491,4	745,7	37,28	37,28	37,28
Kecepatan putar, rpm	6.272,06	11.096,49	2.974,44	3.039,28	8,16
Harga alat, \$	\$23.825,20	\$18.736,32	\$8.789,88	\$8.789,88	\$4.394,94



Tabel 5. 11 Pompa Utilitas (PU-11, PU-12, PU-13, PU-14, dan PU-15)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>				
<b>Kode</b>	<b>PU-11</b>	<b>PU-12</b>	<b>PU-13</b>	<b>PU-14</b>	<b>PU-15</b>
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Klorinasi (TU-02) menuju Tangki Air Bersih (TU-04)	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Air Bersih (TU-04) menuju area domestik	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Air Bersih (TU-05) menuju Tangki Air Bertekanan (TU-06)	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Air Bersih (TU-06) menuju Area Kebutuhan <i>Service</i>	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Air Dingin (BU-06) menuju <i>Cooling Tower</i> (CT-01)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pump</i>				
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Viskositas,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas,ft <sup>2</sup> /s	0,01	0,01	0,005	0,005	0,33
Pump <i>head</i> , m	4,19	4,17	2,87	2,87	2,78
Suhu fluida,C	30	30	30	30	30
Instalasi	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horisontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>
Submersibility	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>

Tabel 5.11 Pompa Utilitas (PU-11, PU-12, PU-13, PU-14, dan PU-15) (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Kecepatan aliran, ft/s	2,39	2,39	1,44	1,44	1,66
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD , in	1,32	1,32	1,05	1,05	6,62
ID, in	1,05	1,05	0,82	0,82	6,06
<i>Friction head</i>	1,66	1,57	0,73	0,73	0,44
Efisiensi pompa	20%	20%	20%	20%	42%
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	91,93	91,34	23,48	23,48	676,04
Daya motor, watt	124,28	124,28	37,28	37,28	1.118,55
Kecepatan putar, rpm	1.241,15	1.247,14	1.007,53	1.007,53	8.142,52
Harga alat, \$	\$8.789,88	\$8.789,88	\$7.633,32	\$7.633,32	\$23.825,20

Tabel 5. 12 Pompa Utilitas (PU-16, PU-17, PU-18, PU-19, dan PU-20)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>				
<b>Kode</b>	<b>PU-16</b>	<b>PU-17</b>	<b>PU-18</b>	<b>PU-19</b>	<b>PU-20</b>
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari Cooling Tower (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari bak air dingin	Mengalirkan Air dari Tangki Penampung NaCl (TU-07) menuju <i>Mixed Bed</i> (MB-01)	Mengalirkan Air dari Mixed Bed (MB-01) menuju Tangki Air Demin (TU-01)	Mengalirkan Air dari Tangki Air Demin (TU-01) menuju Tangki <i>Deaerator</i> (DE-01)	Mengalirkan larutan <i>Hydrazine</i> dari Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (T-11) menuju Tangki <i>Deaerator</i> (DE-01)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pump</i>				
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Viskositas,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas,ft <sup>2</sup> /s	0,33	0,01	0,01	0,01	0,01
Pump <i>head</i> , m	3,71	2,06	3,97	3,85	1,55
Suhu fluida,C	30	30	30	30	30
Instalasi	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horisontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>	<i>Horizontal dan vertikal</i>
Submersibility	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>

Tabel 5.12 Pompa Utilitas (PU-16, PU-17, PU-18, PU-19, dan PU-20) (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20
Kecepatan aliran, ft/s	1,66	2,14	2,14	2,14	2,14
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD , in	6,62	1,32	1,32	1,32	1,32
ID, in	6,06	1,05	1,05	1,05	1,05
<i>Friction head</i>	0,44	1,18	1,34	0,96	0,96
Efisiensi pompa	42%	20%	20%	20%	20%
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	902,84	40,54	78,07	75,80	30,47
Daya motor, watt	1.118,55	62,14	124,28	124,28	37,28
Kecepatan putar, rpm	6.554,36	2.006,71	1.227,58	1.255,02	2.486
Harga alat, \$	\$23.825,20	\$8.789,88	\$8.789,88	\$8.789,88	\$8.789,88

Tabel 5. 13 Pompa Utilitas (PU-21)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>
<b>Kode</b>	<b>PU-21</b>
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Deaerator (DE-01) menuju <i>Boiler</i>
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pump</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>
Viskositas,cp	0,82
Kapasitas,ft <sup>2</sup> /s	0,01
Pump head, m	1,54
Suhu fluida,C	30
Instalasi	<i>Horizontal dan vertikal</i>
Submersibility	<i>Immersed</i>
Rate volumetrik, ft <sup>2</sup> /s	0,01
Kecepatan aliran, ft/s	2,14
Sch.Number	40

Tabel 5.13 Pompa Utilitas (PU-21) (Lanjutan)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>
<b>Kode</b>	<b>PU-21</b>
OD , in	1,32
ID, in	1,05
<i>Friction head</i>	0,96
Efisiensi pompa	20%
Jenis pompa	Dp
Daya pompa, watt	30,34
Daya motor, watt	37,28
Kecepatan putar, rpm	2.494,09
Harga alat, \$	\$8.789,88

## 2. Bak Penampung

Tabel 5. 14 Bak Utilitas

Spesifikasi	Bak					
	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak Silinder tegak	Bak persegi dengan beton bertulang	Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang	Bak persegi dengan bertulang dan dilapisi porselin	Bak persegi panjang
Bahan	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Volume (m <sup>3</sup> )	256,82	40,63	243,98	231,78	1,61	898
Tinggi (m)	4	3,73	3,94	3,86	0,74	6,08

Tabel 5.14 Bak Utilitas (Lanjutan)

Spesifikasi	Bak					
Kode	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Lebar (m)	8	0,124	7.873	7.731	1,48	12,15
Harga alat, \$	\$85.585,67	\$32.962,05	\$82.925,57	\$80.728,10	\$5.204,53	\$193.261,69

### 3. Tangki Utilitas

Tabel 5. 15 Tangki Utilitas

Spesifikasi	Tangki Utilitas				
Kode	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu operasi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01)	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan layanan umum.
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Berbentuk Tangki silinder berpengaduk	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>



Tabel 5.15 Tangki Utilitas (Lanjutan)

Spesifikasi	Tangki Utilitas				
Kode	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Volume (m <sup>3</sup> )	1,83	0,003	1,61	38,59	14,4
Diameter (m)	1,05	0,16	1,27	3,66	2,64
Tinggi (m)	2,11	0,16	1,27	3,66	2,64
Harga alat, \$	\$85.701,33	\$5.204,53	\$4.741,91	\$52.623,62	\$15.497,95

Tabel 5. 16 Tangki Utilitas

Spesifikasi	Tangki Utilitas					
Kode	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10	TU-11
Fungsi	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk regenerasi kation <i>exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk regenerasi Anion <i>exchanger</i>	Mencampur Kondensat sirkulasi dan <i>make up</i> air umpan <i>boiler</i> sebelum dibangkitkan sebagai steam dalam <i>boiler</i>	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan <i>boiler</i> .	Menyimpan larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>

Tabel 5.16 Tangki Utilitas Lanjutan (Lanjutan)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Tangki Utilitas</b>					
<b>Kode</b>	<b>TU-06</b>	<b>TU-07</b>	<b>TU-08</b>	<b>TU-09</b>	<b>TU-10</b>	<b>TU-11</b>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Volume (m <sup>3</sup> )	14,4	0,55	0,28	1,45	34.681	1.469
Diameter (m)	2,64	0,89	0,70	1,23	3.535	1.232
Tinggi (m)	2,64	0,89	0,70	1,23	3.535	1.232
Harga alat, \$	\$33.193,36	\$2.891,41	\$8.095,94	\$4.973,22	\$51.929,68	\$4.973,22

#### 4. *Screener*

Tabel 5. 17 Spesifikasi *Screener*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Screener</i></b>
<b>Kode</b>	<b>FU-01</b>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar misalnya: daun, ranting dan sampah-sampah lainnya.
Bahan	Aluminium
Jumlah	1
Panjang (m)	3,05
Lebar (m)	2,44
Diameter lubang (cm)	1
Harga alat, \$	\$12.722,19

#### 5. *Sand Filter*

Tabel 5. 18 Spesifikasi *Sand Filter*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Sand filter</i></b>
<b>Kode</b>	<b>FU-02</b>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Jenis	<i>sand filter</i>
Jumlah	1
Material	<i>Spheres</i>
Ukuran Pasir ( <i>mesh</i> )	28
Diameter (in)	0,03
Tinggi lapisan pasir (m)	0,41
Panjang (m)	1,55
Lebar (m)	1,55
Tinggi (m)	0,78
Harga alat, \$	\$6.823,72

## 6. *Cooling Tower*

Tabel 5. 19 Spesifikasi *Cooling Tower*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Cooling Tower</i></b>
<b>Kode</b>	<b>CT-01</b>
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jumlah	1
Panjang (m)	1,92
Lebar (m)	1,92
Tinggi (m)	3,57
Harga alat, \$	\$52.045,34

## 7. *Daerator*

Tabel 5. 20 Spesifikasi *Daerator*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Daerator</i></b>
<b>Kode</b>	<b>De-01</b>
Fungsi	Menghilangkan gas CO <sup>2</sup> dan O <sup>2</sup> yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada reboiler.
Jumlah	1
Volume (m <sup>3</sup> )	1,44
Diameter (m)	1,23
Tinggi (m)	1,23
Harga alat, \$	\$4.973,22

## 8. *Blower*

Tabel 5. 21 Spesifikasi *Blower*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Blower</i></b>
<b>Kode</b>	<b>BL-01</b>
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan

Tabel 5.21 Spesifikasi *Blower* (Lanjutan)

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Blower</i></b>
<b>Kode</b>	<b>BL-01</b>
Jumlah	1
Efisiensi motor	83%
Tenaga motor (Hp)	7,5
Harga alat, \$	\$31.111,55

## 9. *Mixed Bed*

Tabel 5. 22 Spesifikasi *Mixed Bed*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Mixed Bed</i></b>
<b>Kode</b>	<b>MB-01</b>
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti $\text{ClSO}_4$ , dan $\text{NO}_3$ .
Jumlah	1
Diameter (m)	0,35
Tinggi (m)	1,68
Tinggi Bed (m)	1,31
Volume bed ( $\text{m}^3$ )	0,14
Volume bak resin ( $\text{m}^3$ )	831,95
Tebal (in)	0,18
Harga alat, \$	\$6.245,44

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

#### **6.1 Evaluasi Ekonomi**

Dalam pra rancangan pabrik butil akrilat, diperlukan evaluasi ekonomi untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak. Evaluasi ekonomi dapat meninjau kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan titik terjadinya impas yaitu total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Sehingga dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya, yaitu:

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

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

1. Penentuan modal industri (*fixed capital investment*), yang meliputi:
  - a. Modal tetap (*fixed capital investment*)
  - b. Modal kerja (*working capital investment*)

2. Penentuan Total Biaya Produksi (*Total production cost*), yang meliputi:
  - a. Biaya pembuatan (*manufacturing cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*general expenses*)
3. Pendapatan Modal

Perkiraan yang perlu dilakukan untuk mengetahui titik impas, adalah sebagai berikut:

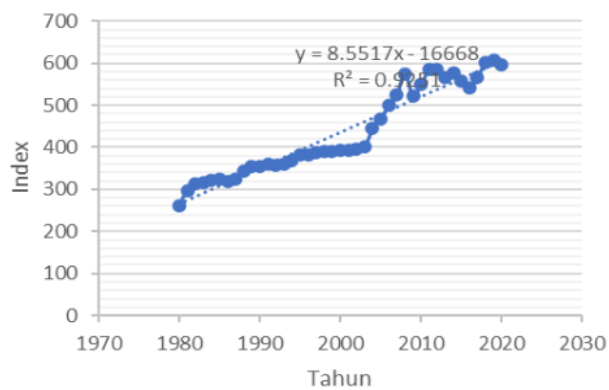
- a. Biaya tetap per tahun (*fixed cost annual*)
- b. Biaya variabel per tahun (*variable cost annual*)
- c. Biaya mengambang (*regulated cost annual*)

### **6.1.1 Penaksiran Harga Alat**

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

Untuk mengetahui harga alat pada tahun pendirian pabrik yaitu tahun 2027, maka dicari indeks pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2027 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 1980 sampai 2020 didapatkan dari [www.matche.com](http://www.matche.com) yang kemudian dicari dengan menggunakan persamaan regresi

linier. Grafik hubungan antara tahun dan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1



Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Indeks Harga

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

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

Dimana:

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapat harga indeks pada tahun 2027 adalah 666.296. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga (*Aries and Newton, 1955*).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

Dimana:

Ex: Harga pembelian pada tahun ke 2027

Ey: Harga pembelian pada tahun referensi



Nx: Indeks harga pada tahun ke 2027

Ny: Indeks harga pada tahun referensi

### 6.1.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik	= 30.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Tahun pendirian pabrik	= 2027
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 15.193,75 (Agustus 2023)
Harga bahan baku (asam akrilat)	= Rp 774.863.225.757,54 / tahun
Harga bahan baku (butanol)	= Rp 383.083.011.918,15 / tahun
Harga katalis ( <i>dedokylbenzene sulfuric acid</i> )	= Rp 3.194.111.458,87 / tahun
Harga produk utama (butil akrilat)	= Rp 1.668.768.917.131,62 / tahun

### 6.1.3 Perhitungan Biaya

#### 1. *Capital Investment*

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

*Capital investment* terdiri dari:

##### a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

2. Total *Production Cost*

- *Manufacturing Cost*

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

a. *Direct Cost*

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

b. *Indirect Cost*

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

c. *Fixed Cost*

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

- ***General Expenses***

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

3. Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan suatu perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan dari pabrik butil akrilat dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

a. *Return On Investment (ROI)*

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

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

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

b. *Pay Out Time (POT)*

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

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

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

c. *Break Even Point* (BEP)

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

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

Keterangan:

Fa = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Sa = *Annual variable value* pada produksi maksimum

Va = *Annual sales value* pada produksi maksimum

d. Shut Down Point (SDP)

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

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

e. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

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

$$(FC + WC)(1 + i)^n = \sum_{n=0}^{n-1} (1 + i)^n + WC + SV \quad (6.7)$$

Keterangan:

FC = *Fixed capital*

WC = *Working capital*

SV = *Salvage value*

C = *Cash flow*

= (keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance)

n = Umur pabrik

i = Nilai DCFR

f. Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik butil akrilat ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak. Hasil perhitungan akan disajikan pada Tabel 6.1 sampai dengan Tabel 6.13.

Tabel 6. 1 *Physical Plant Cost*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 65.529.717.136	\$ 4.312.939
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 16.382.429.284	\$ 1.078.235
3	Instalasi cost	Rp 10.354.557.895	\$ 681.501
4	Pemipaan	Rp 35.747.458.065	\$ 2.352.774
5	Instrumentasi	Rp 16.317.061.302	\$ 1.073.932
6	Insulasi	Rp 2.457.499.172	\$ 161.744
7	Listrik	Rp 9.829.457.570	\$ 646.941
8	Bangunan	Rp 44.610.500.000	\$ 2.936.109
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp 25.822.000.000	\$ 1.699.515
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>Rp 227.050.680.426</b>	<b>\$ 14.943.689</b>

Tabel 6. 2 *Direct Plant Cost*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 272.460.816.511	\$ 17.932.427
<b>Total (DPC + PPC)</b>		<b>Rp 499.511.496.936</b>	<b>\$ 32.876.117</b>

Tabel 6. 3 *Fixed Capital Investment*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 272.460.816.511	\$ 17.932.427
2	Kontraktor	Rp 27.246.081.651	\$ 1.793.243
3	Biaya tak terduga	Rp 68.115.204.128	\$ 4.483.107
<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>		<b>Rp 367.822.102.289</b>	<b>\$ 24.208.777</b>

Tabel 6. 4 *Direct Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 1.166.812.759.632	\$ 76.795.574,47
2	<i>Labor</i>	Rp 14.898.000.000	\$ 980.534,76
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.489.800.000	\$ 98.053,48
4	<i>Maintenance</i>	Rp 7.356.442.046	\$ 484.175,54
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.103.466.307	\$ 72.626,33
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 16.687.689.171	\$ 1.098.325,90
7	<i>Utilities</i>	Rp 13.909.944.077	\$ 915.504,34
<b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b>		<b>Rp 1.222.258.101.233</b>	<b>\$ 80.444,795</b>

Tabel 6. 5 *Indirect Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.234.700.000	\$ 147.080
2	<i>Laboratory</i>	Rp 2.979.600.000	\$ 196.107
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 7.449.000.000	\$ 490.267
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 83.438.445.857	\$ 5.491.630
<b>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</b>		<b>Rp 96.101.745.857</b>	<b>\$ 6.325.084</b>

Tabel 6. 6 *Fixed Manufacturing Cost*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp 36.782.210.229	\$ 2.420.878
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 3.678.221.023	\$ 242.088
3	<i>Insurance</i>	Rp 3.678.221.023	\$ 242.088
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>Rp 44.138.652.275</b>	<b>\$ 2.905.053</b>

Tabel 6. 7 *Manufacturing Cost*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 1.222.258.101.233	\$ 80.444.795
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 96.101.745.857	\$ 6.325.084
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 44.138.652,275	\$ 2.905.053
<b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>		<b>Rp 1.362.498.499.364</b>	<b>\$ 89.674.932</b>

Tabel 6. 8 *Working Capital*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 24.750.573.689	\$ 1.628.997
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 2.064.391.666	\$ 135.871
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 28.901.483.320	\$ 1.902.196
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 15.170.626.519	\$ 998.478
5	<i>Available Cash</i>	Rp 123.863.499.942	\$ 8.152.267
<b><i>Working Capital (WC)</i></b>		<b>Rp 194.750.575.136</b>	<b>\$ 12.817.808</b>

Tabel 6. 9 *General Expenses*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Administration</i>	Rp 40.874.954.981	\$ 2.690.248
2	<i>Sales expense</i>	Rp 68.124.924.968	\$ 4.483.747
3	<i>Research</i>	Rp 68.124.924.968	\$ 4.483.747
4	<i>Finance</i>	Rp 11.251.453.549	\$ 740.532
<b><i>General Expense (GE)</i></b>		<b>Rp 188.376258.466</b>	<b>\$ 2.398.273</b>



Tabel 6. 10 Total Production Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 1.362.498.499.364	\$ 89.674.932
2	General Expense (GE)	Rp 188.376.258.466	\$ 12.398.273
<b>Total Production Cost (TPC)</b>		<b>Rp 1.550.874.757.830</b>	<b>\$ 102.073.205</b>

Tabel 6. 11 Fixed Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 36.782.210.229	\$ 2.420.878
2	Property taxes	Rp 3.678.221.023	\$ 242.088
3	Insurance	Rp 3.678.221.023	\$ 242.088
<b>Fixed Cost (Fa)</b>		<b>Rp 44.138.652.275</b>	<b>\$ 2.905.053</b>

Tabel 6. 12 Variable Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp 1.166.812.759.632	\$ 76.795.574
2	Packaging & shipping	Rp 83.438.445.857	\$ 5.491.630
3	Utilities	Rp 13.909.944.077	\$ 915.504
4	Royalties and Patents	Rp 16.687.689.171	\$ 1.098.326
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>Rp 1.280.848.838.737</b>	<b>\$ 84.301.034</b>

Tabel 6. 13 Regulated Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp 14.898.000.000	\$ 980.535
2	Plant overhead	Rp 7.449.000.000	\$ 490.267
3	Payroll overhead	Rp 2.234.700.000	\$ 147.080
4	Supervision	Rp 1.489.800.000	\$ 98.053
5	Laboratory	Rp 2.979.600.000	\$ 196.107
6	Administration	Rp 40.874.954.981	\$ 2.690.248
7	Finance	Rp 11.251.453.549	\$ 740.532
8	Sales expense	Rp 68.124.924.968	\$ 4.483.747
9	Research	Rp 68.124.924.968	\$ 4.483.747
10	Maintenance	Rp 7.356.442.046	\$ 484.176
11	Plant supplies	Rp 1.103.466.307	\$ 72.626
<b>Regulated Cost (Ra)</b>		<b>Rp 225.887.266.819</b>	<b>\$ 14.867.118</b>

g. Hasil Analisis Keuntungan

Total penjualan = Rp 1.668.768.917.131,62 /tahun

*Total production cost* = Rp 1.550.874.757.830,36 /tahun

Keuntungan sebelum pajak = Rp 117.894.159.301,26 /tahun

Pajak pendapatan = Rp 23.578.831.860,25 /tahun

Keuntungan setelah pajak = Rp 94.315.327.441,01 /tahun

h. Hasil Kelayakan Ekonomi

- *Return on Investment (ROI)*

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

ROI sebelum pajak = 32,05%

ROI sesudah pajak = 25,64%

- *Pay Out Time (POT)*

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

POT sebelum pajak = 2,38 tahun

POT sesudah pajak = 2,81 tahun

- *Break Even Point (BEP)*

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

BEP = 48.69%

- *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 29,49\%$$

- *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

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

Umur pabrik = 10 tahun

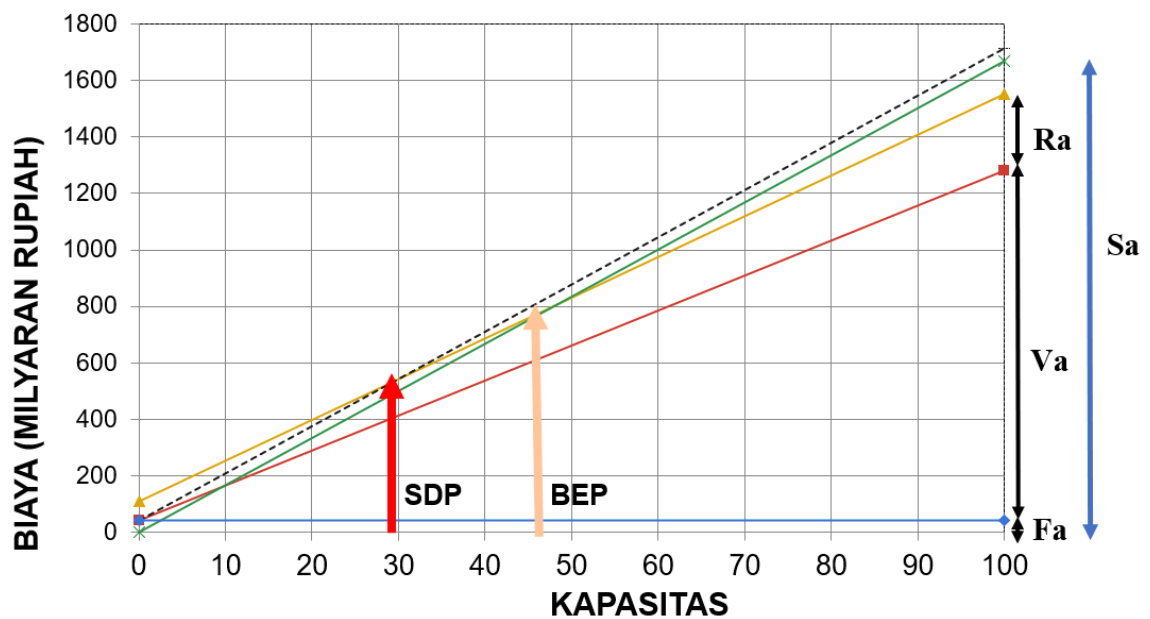
*Fixed Capital Investment (FC)* = Rp. 558.859.706.665

*Working Capital (WC)* = Rp. 194.750.575.136,33

*Salvage (SV)* = Rp. 36.782.210.228,95

*Cash Flow (C)* = Rp. 142.348.991.218,47

DCFR = 24,03%



Gambar 6. 2 Grafik *Break Even Point*

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari perancangan pabrik butil akrilat ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, jenis produk, dan analisis ekonomi POT dan ROI maka pabrik butil akrilat ini tergolong pabrik dengan risiko rendah (*low risk*).
2. Pabrik butil akrilat ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap impor, dan membantu memperbaiki perekonomian negara.
3. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik butil akrilat sebesar 12.911 m<sup>2</sup>.
4. Pabrik akan didirikan di Kabupaten Serang, Banten dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, kemudahan sarana utilitas seperti sumber air, tenaga kerja, ketersediaan listrik dan akses transportasi serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
5. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
  - a. Keuntungan yang diperoleh: Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 117.894.159.301,26 /tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 94.315.327.441,01 /tahun.

- b. *Return On Investment* (ROI): Presentase ROI sebelum pajak sebesar 32,05% dan ROI setelah pajak sebesar 25,64% syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah adalah minimum 11%.
- c. *Pay Out Time* (POT): POT sebelum pajak 2,8 tahun sedangkan sesudah pajak adalah 2,81 tahun.
- d. *Break Event Point* (BEP) pada 48,69% dan Shut Down Point (SDP) pada 29,49 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% - 60%.
- d. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 24,03%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

Dengan mempertimbangkan hasil evaluasi ekonomi di atas maka pabrik butil akrilat dari asam akrilat dabutanol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dan memenuhi syarat untuk didirikan.

## **6.2 Saran**

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.

2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk butil akrilat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya kebutuhan masyarakat saat ini.

Pendirian pabrik butil akrilat dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sektor penggerak perekonomian

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Statistics Indonesia. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada tanggal 9 April 2023 pukul 13.00 WIB.
- Becker, H. 2006. *The Role of Hydroquinone Monomethyl Ether in Stabilization of Acrylic Acid*. University of Technology Damstadt: Germany.
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E. and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F. 1983. *Chemical Engineering, 1 st edition, Volume 6*. Pergason Press. Oxford.
- Coulson, J. M. Richardson, J.F., & Sinnott. R.K., 1999, *Chemical Engineering Design, Volume 6, 3ed.*, Butterworth Heinemann, Great Britain.
- European Patent. 2005. EP 1 185 189 B1. Diakses pada tanggal 20 Agustus 2023.
- Jyoti, G. 2023. *Kinetics Study of Esterification Reaction of Acrylic with N-Butanol*.
- Matche. 2023. *Equipment Cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 27 Juli 2023 pukul 12.30 WIB.
- Peters, M., Timmerhause, K., dan West, R. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical engineers*, 4 thed, McGraw - Hill Book Company, Singapore.
- Economics*. John Wiley and Sons, inc., New York
- <http://ptsmartlabindonesia.indonetwork.co.id>, diakses tanggal 2 April 2023.
- <https://indonesian.alibaba.com>, diakses tanggal 5 Juni 2023

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/> diakses pada tanggal 16 November 2022



## **LAMPIRAN A**

## PERANCANGAN REAKTOR

**Fungsi** : Mereaksikan senyawa  $\text{CH}_3\text{CHCOOH}$  dan  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$   
dengan bantuan katalis  $\text{C}_{18}\text{H}_{30}$  dan inhibitor  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$   
menjadi  $\text{C}_3\text{H}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

**Tipe** : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

**Kondisi Operasi** :

Suhu :  $80\text{ }^\circ\text{C}$

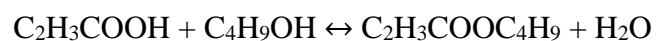
Tekanan : 1 atm

Konversi : 90 %

### 1. Dasar Pemilihan Jenis Reaktor

- Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi campuran adalah reaktor yang harus selalu homogen bisa terpenuhi.
- Fase reaktan adalah cair-cair sehingga meningkatkan penggunaan RATB.
- Pengontrolan suhu mudah, sehingga kondisi operasi yang isothermal bisa dipenuhi.
- mudah dalam melakukan pengontrolan secara otomatis sehingga produk lebih

### 2. Menentukan Persamaan Reaksi Kimia



### 3. Neraca Massa

Komponen	Masuk (Kg/jam)				Keluar (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	0	0	0	0	3.768,83
CH <sub>2</sub> CHCOOH	2.355,52	0	0	0	235,55
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH	0	2.663,04	0	0	484,19
H <sub>2</sub> O	23,79	26,76	0	0	580,55
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub>	0	0	0	25,09	25,09
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0	0	66,58	0	66,58
<b>Sub Total</b>	<b>2.379,31</b>	<b>2.689,81</b>	<b>66,58</b>	<b>25,09</b>	<b>5.160,79</b>
<b>Total</b>	<b>5.160,79</b>				<b>5.160,79</b>

### Penentuan Kecepatan volumetric (Fv)

Rumus Kimia	BM	Densitas (ρ) (kg/L)	Arus			xi	ρi . xi	Fv (l/jam)
			Mol	fraksi mol	massa			
C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	128	0,89	0,00	0,00	0	0,00%	0.000	0.000
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	72	1,05	32,72	0,45	2355,51	45,36%	0,47	2.241
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74	0,81	35,98	0,49	2663,04	49,90%	0,40	3.288,52
H <sub>2</sub> O	18	1,03	2,81	0,04	50,55	3,89%	0,04	49,23
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub>	326	0,85	0,08	0,001	25,09	0,11%	0,0009	29,55
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	124	0,11	0,54	0,007	66,57	0,74%	0,0008	603,04
<b>Total</b>		3,78	72,12	1,00	5.160,79	100%	0,923	6.211,35

### 4. Menentukan Konsentrasi

- Konsentrasi Asam Akrilat = 5,49 kmol/m<sup>3</sup>
- Konsentrasi N-Butanol = 6,04 kmol/m<sup>3</sup>

5. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi

Reaksi Pembuatan  $C_2H_3COOC_4H_9$  dijalankan dengan kinetika seperti:

$$K = 0,006 \text{ L/gmol.menit}$$

6. Menghitung Laju Reaksi

Reaksi kimia pembentukan butil akrilat dianggap reaksi elementer

$$-r_A = kC_A C_B$$

Jika,

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - C_{A0}X_A$$

Maka,

$$-r_A = k \cdot C_{A0}(1 - X_A) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A)$$

$$-r_A = 0,006 \cdot 5,49(1 - 0,78) \cdot (6,04 - 5,49 \cdot 0,78)$$

$$(-r_A) = 0,013 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

7. Menentukan Volume Reaktor

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$Fv \cdot C_{A0} - Fv \cdot C_A - (-r_A) \cdot V = 0$$

$$\frac{V}{Fv} = \tau = \frac{C_{A0} \cdot X_A \cdot Fv}{-r_A}$$

$$V = \frac{C_{A0} \cdot X_A \cdot Fv}{-r_A}$$

$$V = \frac{5,49 \cdot 0,78 \cdot 5,95}{0,013}$$

$$V = 1.998,78 \text{ m}^3 = 1.998.778 \text{ L}$$

8. Menentukan Optimasi Reaktor

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

V =	1.998,78	m <sup>3</sup>
X0 =	0	
X1 =	78 %	
<b>1 Reaktor</b>		
V coba trial	1.998,78	m <sup>3</sup>
X0	0.00000	
X1	55 %	

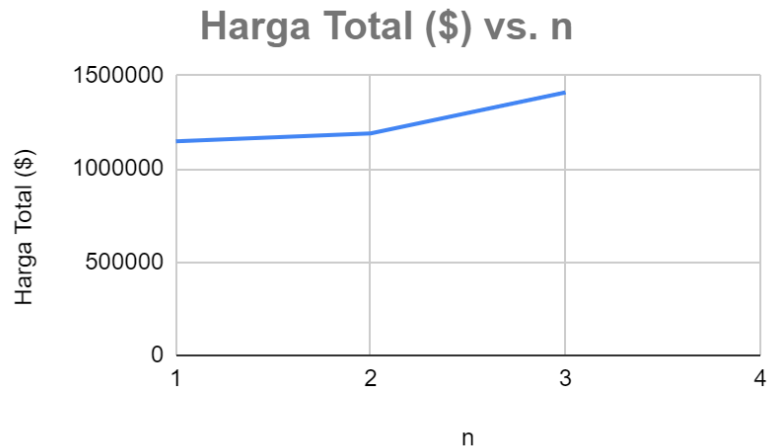
Untuk mengetahui jumlah Reaktor maka dilakukan optimasi, dengan menggunakan data harga Reaktor yang diambil dari [www.matche.com/equipcost/Reactor.html](http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html) dengan pertimbangan jumlah Reaktor dengan harga minimal. Dipilih *stainless steel* sebagai bahan pembuat Reaktor dengan tipe *jacket agitated*. Sehingga didapatkan:

n	Volume (m <sup>3</sup> )	V shell (m <sup>3</sup> )	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	1.998,78	2.398,53	633.625,5	1.147.100	1.147.100
2	578,48	694,176	183.381,862	594.600	1.189.200
3	370,68	444,816	117.507,932	469.600	1.408.800

Untuk jumlah Reaktor 1:

Dengan menggunakan perhitungan rumus volume Reaktor didapatkan volume sebesar 1.998,78 m<sup>3</sup>. Untuk mendapatkan V shell dirumuskan dengan  $1.2 \times Volume (m^3)$  sehingga didapatkan hasil sebesar 694,176 m<sup>3</sup>, untuk mendapatkan V dalam satuan gallon dikonversikan dari m<sup>3</sup> ke gallon dengan

mengalikannya 264,172. Sehingga, didapatkan hasil volume Reaktor 633.625,5 gallon.



Sehingga, jika dilihat dari segi ekonomi, jumlah Reaktor berpengaruh pada harga Reaktor dari hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dengan menggunakan 1 Reaktor.

9. Menghitung Dimensi Reaktor

- Menentukan Diameter Reaktor

Diameter Reaktor menurut Peters and Timmerhaus (1980) yang direkomendasikan untuk “*Continous Reactor*” adalah 20%.

$$D : H = 1:1,5$$

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

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_{shell}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \times 2.398,53}{3,14}} = 14,51\ m; 571,29\ in; 47,61\ ft$$

$$H = 21,77\ m$$

- Menentukan  $V_{dish}$

Bentuk yang dipilih yaitu *vertical vessel* dengan *formed head*, dipilih jenis tersebut karena dapat digunakan untuk tekanan 15 Psi – 200 Psi, yang mana sesuai dengan kondisi operasi di Reaktor

$$V_{dish} = 0,000049Ds^3$$

$$V_{dish} = 0,000049 \times 571,29^3 = 9.136,33 \text{ ft}^3$$

- Menentukan  $V_{sf}$ , dipilih  $sf$  yaitu 2 in

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144} = \frac{\pi}{4} 571,29^2 \frac{2}{144} = 3.558,39 \text{ in}^3 = 2,06 \text{ ft}^3$$

- Menentukan  $V_{head}$

$$V_{head} = 2 (V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{head} = 2 (9.136,33 + 2,06)$$

$$V_{head} = 18.276,78 \text{ ft}^3 = 517,59 \text{ m}^3$$

- Menentukan  $V_{Reaktor}$

$$V_{Reaktor} = V_{shell} + V_{head}$$

$$V_{Reaktor} = 2.398,53 + 517,59$$

$$V_{Reaktor} = 2.916,13 \text{ m}^3$$

- Menentukan  $V_{bottom}$

$$V_{bottom} = 0,5V_{head}$$

$$V_{bottom} = 0,5 (18.276,78)$$

$$V_{bottom} = 9.138,39 \text{ ft}^3 = 258,79 \text{ m}^3$$

- Menentukan  $V_{cairan}$

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{cairan} = 2.139,73 \text{ m}^3$$

- Menentukan tinggi cairan (*h*<sub>cairan</sub>)

$$h_{cairan} = \frac{4V}{\pi D^2} = 14,51 \text{ m} = 47,06 \text{ ft}$$

10. Menghitung Tekanan *Design*

Poperasi = 1 at, = 14,7 Psi

$$P_{Hidrostatic} = \frac{\rho g h}{g_c} = 12.584,45 \frac{kg}{m^2} = 17,89 \text{ Psi}$$

Dimana  $g/g_c = 1$  dan  $\rho = 1/\rho_{campuran}$

Ptotal = P<sub>hidrostatic</sub> + Poperasi

Ptotal = 17,89 + 14,69 = 32,59 Psi

Tekanan *overdesign* 20%, maka P<sub>design</sub> = 39,11 Psi

11. Menghitung Tebal *Shell*

*Head* atas dan *Head* bawah berbentuk *spherical*

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

Dimana:

Ts = Tebal *shell*

f = 18.750 psi (*Max.Allowable Stress* SA-167 grade 3 tipe 304)

Efisiensi sambungan (E) = 0.85

Faktor korosi (C) = 0.125

Jari-jari *shell* (ri) = 285,65 in

Tekanan desain (P) = 39,11 psi

Maka, Tebal dinding reaktor = 0,83 in



Dari tabel (Brownell dan Young, 1979) hal 350 tentang tebal *shell*, dipilih:  
0.875 in

12. Menghitung Tebal *Head*

Dari (Brownell and Young, 1979):

$$th = \frac{P \cdot rc \cdot w}{(2fE - 0,2P)} + C$$

- Menentukan nilai P = P design – Plingkungan

$$P = 39,11 - 14,7 = 24,42 \text{ Psi}$$

- Menentukan Diameter luar *head* (OD)

$$OD = ID_{shell} + 2ts$$

$$OD = 571,29 + 2(0.875)$$

$$OD = 573,04$$

Dicari ukuran OD standar pada table 5.7 (Brownell and Young, 1979)

didapatkan:

<b>OD</b>	240	In
<b>Icr</b>	14,44	In
<b>r</b>	180	in

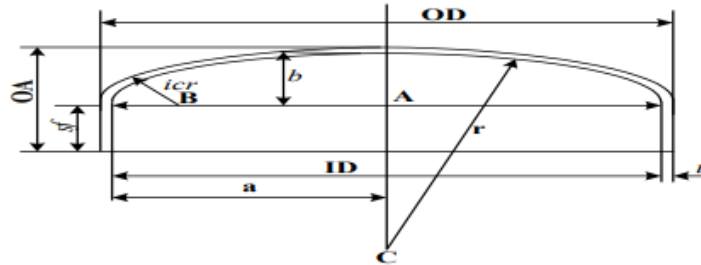
- Menentukan nilai w

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

$$W = 1,63 \text{ in}$$

Maka didapatkan tebal *head* sebesar 0,16 in, kemudian distandarkan berdasarkan tabel (Brownell and Young, 1979) halaman 350 sebesar 0,1875 in (3/16")

13. Menghitung Tinggi *Head*



Dengan *th* sebesar 3/16", maka dipilih nilai *sf* 1,5 – 2, dipilih 1,75 in

- Menentukan ID *head*

$$ID = OD - 2ts = 238,25 \text{ in}$$

- Menentukan nilai *a* (jari-jari)

$$a = ID/2 = 119,125 \text{ in}$$

- Menentukan nilai AB

$$AB = a - icr$$

$$AB = 104,685 \text{ in}$$

- Menentukan nilai BC

$$BC = r - icr$$

$$BC = 165,56 \text{ in}$$

- Menentukan nilai AC

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

$$AC = 128,26 \text{ in}$$

- Menentukan nilai *b*

$$b = r - Ac$$

$$b = 51,74 \text{ in}$$

Sehingga, tinggi *head* dapat dihitung dengan persamaan  $h_{head} = t_h + b + sf$

$$h_{head} = 53,86 \text{ in} = 1,37 \text{ m}$$

Sehingga, tinggi total Reaktor dapat dihitung dengan:

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

$$h_{Reaktor} = 17,25 \text{ m}$$

#### 14. Menghitung Dimensi Pengaduk

Pengaduk yang dipilih yaitu jenis Turbin dengan 6 blade disk standar dengan pertimbangan, berdasarkan volume reaktor sebesar  $0,0006 \text{ N/m}^2$  atau  $2.918,13 \text{ m}^3$  dan kekentalan cairan maka dipilih jenis turbin (Coulson and Richardson, 1983) fig.10.57 hal 472, didapatkan sebagai berikut:

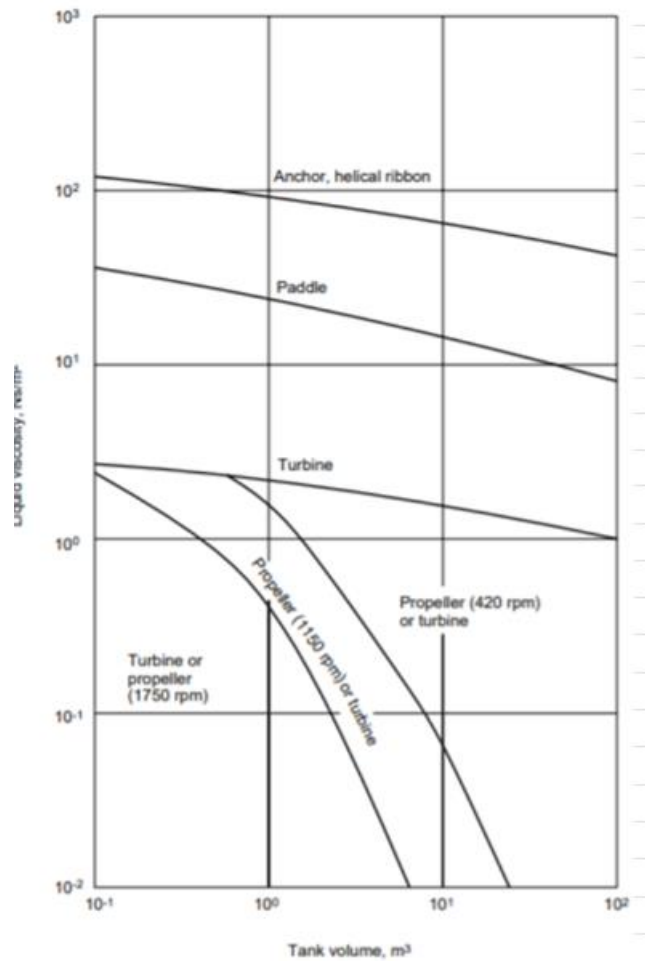
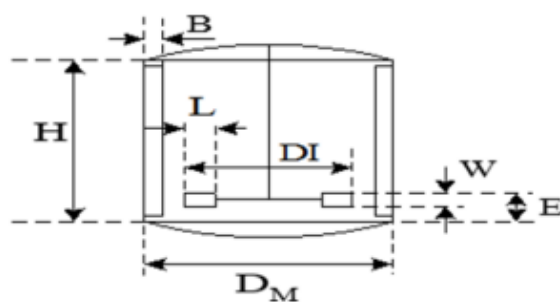


Figure 10.57. Agitator selection guide



Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p.507	
$D_i/ID=1/3$	$B=D_i/12$
$W=D_i/5$	$E=D_i=1$
$L=D_i/4$	

Dari data tersebut, maka dapat dihitung dimensi pengaduk

$$\text{Diameter pengaduk (D}_i\text{)} = ID/3 = 4,84 \text{ m; } 15,87 \text{ ft; } 190,43 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi pengaduk (W)} &= D_i/5 &&= 0,97 \text{ m; } 15,87 \text{ ft; } 38,09 \text{ in} \\ \text{Lebar pengaduk (L)} &= D_i/4 &&= 1,21 \text{ m} = 3,97 \text{ ft} = 47,61 \text{ in} \\ \text{Lebar } \textit{baffle} \text{ (B)} &= ID/12 &&= 1,21 \text{ m} = 3,97 \text{ ft} = 47,61 \text{ in} \\ \text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} &= D_i(0.75-1.3); \\ &\text{dipilih } 1'' &&= 4,83 \text{ m; } 15,86 \text{ ft; } 190,41 \text{ in} \\ \text{Tinggi Cairan (ZL)} &&&= 14,51 \text{ m; } 47,06 \text{ ft; } 571,29 \text{ in} \end{aligned}$$

15. Menghitung Kecepatan Putar Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2D_i}}, \text{ WELH} = Zl \times Sg$$

$$Sg = 0,87$$

$$WELH = 12,38 \text{ m} = 41 \text{ ft}$$

$$N = 13,73 \text{ rpm} = 0,23 \text{ rps}$$

16. Menghitung Power Pengaduk

Dari (Brown, 1978):

$$P = \frac{Np \cdot \rho \cdot N^3 D_i^5}{gc}$$

Dimana:

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (N)} = 0,23 \text{ rps}$$

$$\text{densitas campuran } (\rho) = 54.12 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{diameter pengaduk (d)} = 12,87 \text{ ft}$$

$$\text{gravitasi (gc)} = 32.18 \text{ ft lbf./s}^2 \text{ lbf}$$

$$\rho \text{ campuran } (x/\rho) = 867.24 \text{ kg/m}^3$$

$$= 54.12 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}\mu \text{ campuran} &= 54.12 \text{ cP} \\ &= 0.04 \text{ lb/ft.s}\end{aligned}$$

Untuk bisa menghitung power pengaduk, maka terlebih dahulu menentukan nilai  $N_{re}$ , dan  $N_p$ . Nilai  $N_{re}$  didapatkan dari persamaan berikut ini:

$$N_{Re} = \frac{NDi^2\rho}{\mu}$$

$$N_{re} = 7.047.169,17$$

Sedangkan untuk nilai  $N_p$  didapatkan dari Fig.9.12 Mc Cabe hal 250 (dipilih jenis pengaduk six blade turbin) dengan mengambil nilai  $N_{re}$  didapatkan nilai  $N_p$  sebesar 6. Selanjutnya nilai  $P$  dapat dihitung.

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 Di^5}{gc}$$

$$P = 121.782,97 \text{ ft.lb/s} = 260,47 \text{ Hp} = 194,23 \text{ kW}$$

- Menghitung Daya motor

$$\text{Daya motor} = p/\eta$$

$$\text{Daya motor} = 306,44 \text{ Hp}$$

Distandarkan, maka didapatkan power motor standar 10 Hp

#### 17. Menghitung Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q in	55,209.49	0
Q out	0	59,242.03
Q reaksi	360,394.39	0
Qpendingin	0	356,361.85
Total	415,603.88	415,603.88

18. Menghitung Panas Pendingin, Massa, dan Menghitung LMTD

Menghitung Panas Pendingin, Massa, Dan Menghitung LMTD

Suhu fluida panas masuk	100	°C	212	°F
Suhu fluida panas keluar	100	°C	212	°F
Suhu fluida dingin masuk	30	°C	86	°F
Suhu fluida dingin keluar	40	°C	104	°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT2	212	<i>Lower Temp</i>	86	126
ΔT1	212	<i>Higher Temp</i>	104	108

- Menentukan massa pendingin

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

$$Q_w = 356.361.85 \text{ KJ/Jam}$$

$$C_p \text{ air} = 4.148 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 10 \text{ C}$$

$$m = 8591.17 \text{ Kg/Jam}$$

- Menentukan LMTD

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 116.77 \text{ F}$$

19. Menghitung Luas Transfer Panas

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

Diambil :

$$UD = 125 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{jam}$$

$$Q_w = 356.361.85 \text{ kJ/jam} = 337.831.03 \text{ Btu/jam}$$

$$A = 23.14 \text{ ft}^2 = 2.15 \text{ m}^2$$

20. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi D L$$

$$L = 22,53 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas < luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

21. Menghitung Volume Pendingin

$$V \text{ air pendingin} = m \text{ air pendingin} / \rho \text{ air pendingin} = 8.59 \text{ m}^3/\text{jam}$$

22. Menghitung Diameter Jaket

- Diameter dalam jaket ( $D_1$ )

$$D_1 = DR + (2 \times ts)$$

$$D_1 = 2.68 \text{ m} = 105.83 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi jaket} = \text{tinggi shell} = 2.68 \text{ m} = 105.46 \text{ in}$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 5 \text{ in} = 0.127 \text{ m}$$

- Diameter luar jaket ( $D_2$ )

$$D_2 = D_1 + (2 \times \text{jarak jaket}) = 2.94 \text{ m} = 115.83 \text{ in}$$

23. Menghitung Kecepatan Air Pendingin

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

$$A = 1,22 \text{ in} = 0,0007 \text{ m}^2$$



$$v = \frac{V}{A}$$

$$V = 11.864,87 \text{ m/jam}$$

#### 24. Menghitung Tebal Jacket

- H jacket = 2,68 m = 8,79 ft
- Pair = 62,4 lb.ft<sup>3</sup>
- P hidrostatis = 3,37 psia
- P design = 24,97 psia

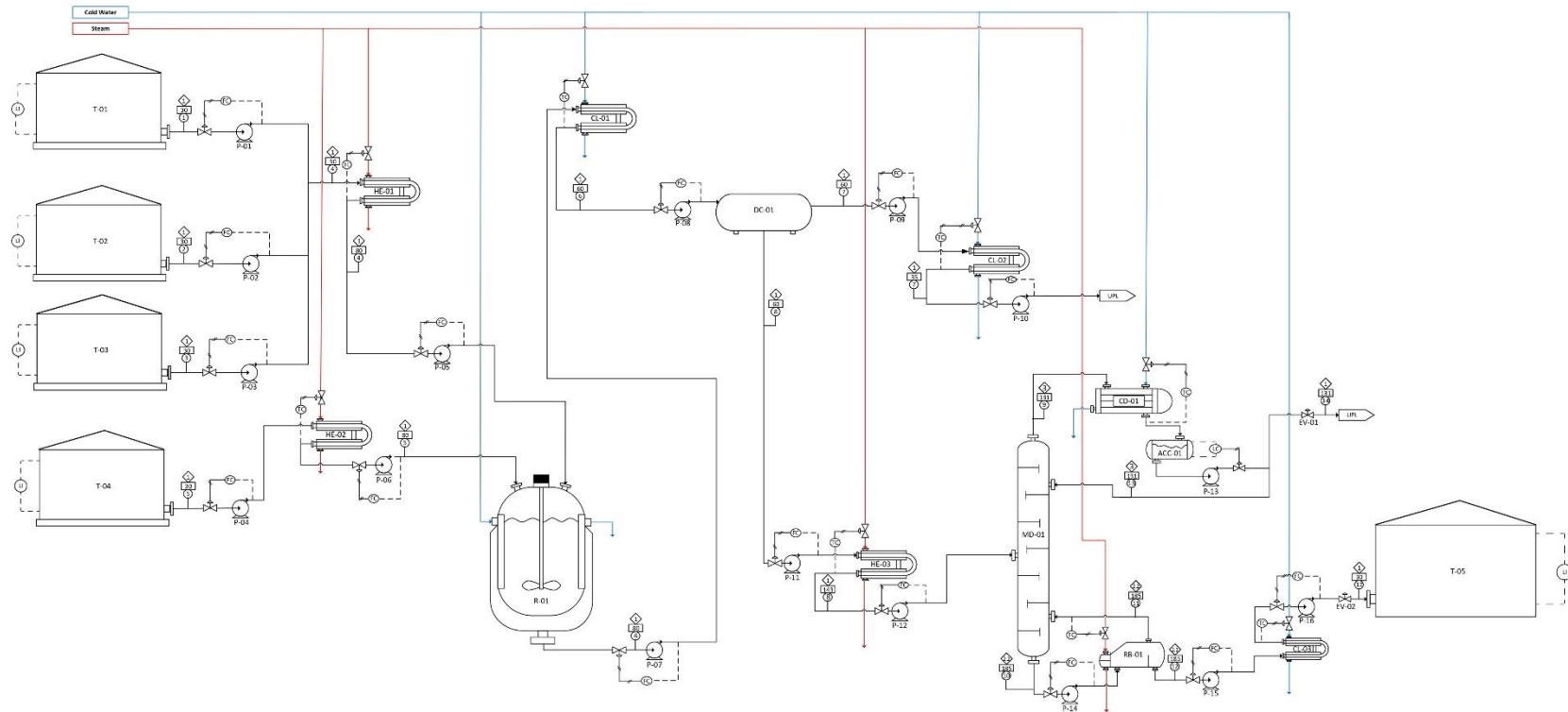
$$tj = \frac{P_{desain} \cdot D_2}{fE - 0,6P_{desain}} + C$$

$$tj \text{ (tebal jacket)} = 0,30 \text{ in.}$$

Dipakai tebal jacket standar 0,375 in

## **LAMPIRAN B**

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN BUTANOL**  
**KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**



KOMPOSISI	Nomor Arus (kg/jam)													
	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
$C_2H_5COOC_2H_5$						3.768,8302	3.768,8302	18,8442	3.749,9861	5.447,2014	3.749,9861	14,5295	18,8442	
$CH_2=CHCOOH$	2.355,5189			2.355,5189		235,5519	235,5519		233,1963	2.3555	3.4216	2.3555	101,1391	131,1730
$CH_3(CH_2)_3OH$		2.633,0450		2.633,0450		484,1900	481,7981	2.3920	479,3891	2.4090	3.4993	2.4090	369,6263	479,3891
$H_2O$	23,7931	26,7643		50,5574		580,5491	580,5491		580,2589	0,2903	0,4217	0,2903	447,4005	580,2589
$C_{10}H_{18}O$					25,0928									
$C_2H_4O_2$			66,5761	66,5761		66,5761			66,5761					
<b>Total</b>	<b>2.379,312</b>	<b>2.689,8092</b>	<b>66,5761</b>	<b>5.135,6974</b>	<b>25,0928</b>	<b>5.160,7902</b>	<b>5.066,7293</b>	<b>94,0610</b>	<b>1.311,6885</b>	<b>3.755,0408</b>	<b>5.454,5439</b>	<b>3.755,0408</b>	<b>932,6954</b>	<b>1.209,6651</b>

Keterangan Instrumen	
FC	Flow Control
L.C	Level Control
LI	Level Indicator
TC	Temperature Control

Keterangan Alut	
ACC	Accumulator
CL	Condenser
CD	Condenser
DC	Decanter
IE	Heat Exchanger
MD	Menerima Destilasi
R	Reaktor
RB	Reboiler
T	Tangki
P	Pompa
EV	Expansion Valve



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**2023**

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL AKRILAT**  
**DARI ASAM AKRILAT DAN BUTANOL**  
**KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**DISUSUN OLEH :**  
**Iqna Safana Husna (195211085)**  
**Ernie Erika (19521109)**

**DOSEN PEMBIMBING :**  
**Dr. Anif Hidayat, S.T., M.T.**

**LAMPIRAN C**

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Erine Erika  
No. MHS : 19521109  
2. Mahasiswa : Iqnaa Safana Haniar  
No. MHS : 19521085

Judul Prarancangan \*) : Prarancangan Pabrik N Butil Akrilat dari Asam Akrilat dan N Butanol kapasitas 30.000 Ton/Tahun.

Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2023  
Batas Akhir Bimbingan : 8 April 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	Jumat, 30/12/22	Pengarahan awal	<i>Hd</i>
2.	Selasa, 17/01/23	Penentuan spesifikasi bahan, MSDS, dan neraca massa	<i>Hd</i>
3.	Rabu, 01/02/23	NM semua alat besar dan NP awal	<i>Hd</i>
4.	Kamis, 23/02/23	Perancangan reaktor, NP decanter, reaktor dan menara distilasi	<i>Hd</i>
5.	Senin, 20/03/23	Perancangan dekanter, menara distilasi, kondensor, purging, dan UPL	<i>Hd</i>
6.	Rabu, 29/03/23	Perancangan Menara distilasi dan alat kecil heater cooler dan tangki	<i>Hd</i>
7.	Rabu, 31/05/23	NP akhir, alat penyimpanan bahan dan alat penukar panas, PEFD	<i>Hd</i>
8.	Rabu, 21/06/23	Alat transportasi bahan, penentuan tata letak, perancangan utilitas	<i>Hd</i>
9.	Rabu, 12/07/23	Evaluasi ekonomi	<i>Hd</i>
10.	Senin, 28/07/23	Revisi alat besar	<i>Hd</i>
11.	Rabu, 02/08/23	Revisi naskah	<i>Hd</i>

Disetujui draft penulisan:  
Yogyakarta,  
Pembimbing

*Hidayat*  
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T