

PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DENGAN METODE
OKSIDASI PROPILEN KAPASITAS 92.000 TON/TAHUN



TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan
Seminar Tugas Akhir pada Jurusan S. Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

Enggar Sulistyو Wibisono

40040121650091

PRODI S-TR TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2026

HALAMAN PENGESAHAN
PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DENGAN METODE
OKSIDASI PROPILEN KAPASITAS 92.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Terapan Teknik**

Disusun oleh:

Enggar Sulistyو Wibisono 40040121650091

Disetujui dan Disahkan sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 02 Mei 2026

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Fahmi Arifan S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng.

NIP. 198002202005011001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Enggar Sulistyو Wibisono
NIM : 40040121650091
Fakultas/Universitas : Sekolah Vokasi/Universitas Diponegoro
Program Studi : S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Judul Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Asam Akrilat Dengan Metode Oksidasi Propilene Kapasitas 92.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya, Enggar Sulistyو Wibisono, didampingi oleh dosen pembimbing dan bukan hasil jiplakan plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/pemlagiatan dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan aturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, 02 Mei 2026

Pembuat Pernyataan,



Enggar Sulistyو Wibisono

NIM. 40040121650091



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471379
Laman: vokasi@liveundip.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Asam Akrilat Dengan Metode
Oksidasi Propilen Kapasitas 92.000 Ton/Tahun

Identitas Penulis

Nama Mahasiswa : Enggar Sulisty Wibisono

NIM : 40040121650091

Fakultas : Sekolah Vokasi / Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Laporan Tugas Akhir ini telah disahkan dan disetujui pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 18 Juni 2026

Menyetujui,
Tim Penguji

Semarang, 18 Juni 2026

Penguji I

Penguji II


Dr. Eng. Vita Paranjita, S.T., M.M., M.Eng

NIP. 198102152005012002


Yusuf Ma'rifat Fajar Azis, S.T., M.T.

NIP. 199511062024061002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471375
Laman: vokasi@liveundip.ac.id

BUKTI PELAKSANAAN SEMINAR TUGAS AKHIR

Pra-Rancangan Pabrik Asam Akrilat Dengan Metode Oksidasi Propilen Kapasitas 92.000
Ton/Tahun


Bahwa Tugas Akhir telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia
Industri, pada tanggal dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir.

Disusun Oleh:


Enggar Sulistyo Wibisono
NIM. 40040121650091

Menyetujui,
Tim Penguji

Penguji I,


Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng.
NIP. 198102152005012002

Semarang, 18 Juni 2026
Penguji II,


Yusuf Ma'rifat Fajar Azis, S.T., M.T.
NIP. 199511062024061002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul *“Pra-Rancang Pabrik Asam Akrilat Dengan Metode Oksidasi Propilen Kapasitas 92.000 Ton/Tahun”* dengan lancar. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
2. Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng., selaku dosen wali yang senantiasa memberikan arahan, dukungan, serta motivasi selama masa perkuliahan.
3. Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan pengalaman selama proses per.
5. Teman-teman ICELANDs yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan saya senang bisa menjadi bagian dari ICELANDs
6. Mamah dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi tanpa henti kepada penulis.
7. Khalila Zafira Wardah S.Pi., yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi tanpa henti kepada penulis. Terimakasih sudah bertahan.
8. Terkhusus kembali kepada papah saya yang sudah selesai dikehidupan dunia ini dan belum sempat melihat anaknya selesai dalam perkuliahan. Terimakasih sudah menjadi salah satu motivasi terbesar penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dan semoga papah bangga melihat semua ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajian. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan ini. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Semarang, 02 Mei 2026



Penulis

INTISARI

Pra-rancangan pabrik asam akrilat dengan kapasitas 92.000 ton/tahun ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat serta mengurangi ketergantungan terhadap impor. Asam akrilat merupakan senyawa kimia penting yang banyak digunakan pada industri polimer, cat, perekat, tekstil, serta sebagai bahan baku *super absorbent polymer* (SAP) untuk produk perawatan dan deterjen. Pemilihan kapasitas pabrik didasarkan pada analisis proyeksi kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku, dan perbandingan dengan kapasitas pabrik sejenis yang telah beroperasi. Lokasi pabrik direncanakan di Indramayu, Jawa Barat, dengan pertimbangan kedekatan terhadap sumber bahan baku propilen, harga tanah. UMK. pasar, utilitas, serta infrastruktur transportasi.

Proses produksi dilakukan dengan metode oksidasi propilen dua tahap menggunakan katalis $\text{Bi}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ pada tahap konversi propilen menjadi akrolein dan MoWO_6 pada tahap oksidasi akrolein menjadi asam akrilat. Reaktor yang digunakan adalah *fixed bed multitube reactor* dengan sistem pendingin *molten salt* untuk mengendalikan suhu reaksi eksotermis. Unit pendukung yang dirancang meliputi penyediaan air, listrik, uap, udara tekan, laboratorium, serta pengolahan limbah cair, gas, padat, dan B3.

Hasil Analisa ekonomi menunjukkan nilai POS (*Profit on Sales*) dan ROI (*Return on Investment*) yang cukup, yaitu 23,64%. dan 28,8%. Nilai IRR sebesar 30,53%, masih jauh diatas suku bunga deposito bank pada April 2022 yang berkisar 2,00% - 5,50%. selain itu, diperoleh waktu POT sebesar 3,18 tahun. Kemudian, nilai BEP sebesar 32,91% dan SDP 16,02% Dari hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan pabrik ini layak untuk didirikan berdasarkan berbagai pertimbangan diatas.

Kata kunci: Asam akrilat, oksidasi propilena, fixed bed multitube reactor.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	Error! Bookmark not defined.
BUKTI PELAKSANAAN SEMINAR TUGAS AKHIR....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
INTISARI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Pabrik.....	2
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar.....	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	8
1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi.....	8
1.2.4 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi.....	11
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	11
1.4 Tinjauan Proses	18
BAB II DESKRIPSI PROSES	22
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	22
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Produksi	22
2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang Produksi.....	22
2.1.3 Spesifikasi Produk.....	23
2.2 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk.....	24
2.2.1 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku	24

2.3	Konsep Proses	29
2.3.1	Dasar dan Fase Reaksi	29
2.3.2	Kebutuhan Katalis Pada Proses Produksi	30
2.3.3	Mekanisme Reaksi	30
2.3.4	Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	31
2.3.5	Kondisi Operasi.....	42
2.4	Uraian mekanisme proses produksi.....	43
2.4.1	Diagram Alir	43
2.4.2	Deskripsi Proses	43
2.5	Diagram Blok	46
2.6	Neraca Massa	46
2.6.1	Rangkuman Neraca Massa.....	46
2.6.2	Rangkuman Neraca Panas.....	50
2.7	Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	55
2.7.1	Tata Letak Pabrik	55
2.7.2	Tata Letak Peralatan Proses	59
BAB III SPESIFIKASI ALAT		62
3.1	Unit Penyimpanan	62
3.2	Unit Transportasi	67
3.3	Unit Penukar Panas	71
3.4	Unit Reaksi	75
3.5	Unit Pemisah	77
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES		82
4.1	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air.....	82
4.1.1	Unit Pengolahan Air.....	88
4.1.2	Unit Penyediaan Air.....	93

4.2	Unit Penyediaan Listrik.....	98
4.3	Unit Penyediaan <i>Thermal Fluid</i>	104
4.4	Unit Penyediaan Uap Air (<i>Steam</i>).....	105
4.4.1	Kapasitas <i>Boiler</i>	105
4.4.2	Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i>	107
4.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	108
4.6	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	108
4.7	Unit Pengolahan Limbah.....	110
4.7.1	Unit Pengolahan Limbah Cair.....	110
4.7.2	Unit Pengolahan Limbah Gas	110
4.7.3	Unit Pengolahan Limbah Padat.....	111
4.7.4	Unit Pengolahan Limbah B3	111
4.8	Unit Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>).....	113
4.9	Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan Hidup	113
4.9.1	Fasilitas Kesehatan	114
4.9.2	Sistem Keamanan Kerja.....	116
4.9.3	Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik.....	119
4.10	Unit Laboratorium	120
4.10.1	Program Kerja Laboratorium.....	121
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....		125
5.1	Bentuk Perusahaan	125
5.2	Struktur Organisasi.....	129
5.3	Tugas dan Wewenang	131
5.4	Pembagian Jam Kerja.....	141
5.5	Status Karyawan dan Sistem Upah	143

5.6	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	143
5.6.1	Penggolongan Jabatan.....	143
5.6.2	Jumah Karyawan dan Gaji	145
5.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan	150
5.8	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	152
5.9	Corporate Social Responsibility (CSR).....	152
BAB VI TROUBLESHOOTING		155
6.1	Tangki Penyimpanan	156
6.2	Unit Transportasi	158
6.3	Unit Reaktor	163
6.4	Unit Pemisah	167
6.5	Unit Kompresor	171
6.6	Unit Penukar Panas	173
6.7	Unit Furnance	174
6.8	Unit <i>Absorber</i>	175
BAB VII ANALISA EKONOMI		179
7.1	Perkiraan Harga Peralatan	179
7.2	Dasar Perhitungan	182
7.3	Perhitungan Biaya	183
7.4	Analisa Kelayakan.....	190
7.5	Hasil Perhitungan	193
DAFTAR PUSTAKA		201
LAMPIRAN.....		203

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Ekspor Asam Akrilat Tahun 2015-2025	4
Gambar 1.2 Grafik Data Impor	5
Gambar 1.3 Denah Lokasi Pabrik Asam Akrilat	18
Gambar 2. 1 Diagram Blok	46
Gambar 2. 3 Tata Letak Pabrik	59
Gambar 2. 4 Tata Letak Peralatan Proses	61
Gambar 3.1 Desain tangki penyimpanan produk asam akrilat	62
Gambar 3.2 Desain tangki penyimpanan produk asam akrilat	65
Gambar 3.3 Desain Compresor (C-01)	67
Gambar 3.4 Desain <i>Expander</i> (EX-01)	68
Gambar 3.5 Desain pompa P-02	69
Gambar 3.6 Desain <i>Blower</i> (BW-01)	70
Gambar 3.7 Desain <i>heat exchanger</i> HE-01	71
Gambar 3.9 Desain reaktor oksidasi propilen (R-01)	75
Gambar 4.1 Design <i>Clarifier</i> (Wiggins, 2019)	89
Gambar 5.1 Struktur Organisasi Perusahaan	154
Gambar 7.1 Indeks CEPCI pada Tahun 2005 - 2024	181
Gambar 7.2 Grafik Penentuan Titik BEP dan SDP	199

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Ekspor Asam Akrilat di Indonesia tahun 2015 – 2024.....	3
Tabel 1.2 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia Tahun 2015-2024	4
Tabel 1.3 Proyeksi jumlah ekspor dan impor asam akrilat di Indonesia tahun 2025 - 2040	5
Tabel 1.4 Produsen propilen di Indonesia.....	8
Tabel 1.5 Kapasitas pabrik asam akrilat global	9
Tabel 1.6 Perbandingan Lokasi untuk Pendirian Pabrik Asam Akrilat	13
Tabel 1.7 Pemilihan Lokasi Pabrik Asam Akrilat	17
Tabel 1.8 Proses Pembuatan Asam Akrilat.....	20
Tabel 2. 1 Sifat Fisika Udara.....	26
Tabel 2. 2 Data Entalpi Senyawa	32
Tabel 2. 3 Data Entalpi Senyawa	34
Tabel 2. 4 Data Energi Gibbs Senyawa saat Suhu 298 K	36
Tabel 2. 5 Data Energi Gibbs Senyawa saat Kondisi Operasi	38
Tabel 2. 6 Nilai k_0 dan E_a tiap reaksi	42
Tabel 2. 5 Neraca Massa di Sekitar TWV (V-02).....	46
Tabel 2. 6 Neraca Massa di Sekitar TWV (V-02).....	47
Tabel 2.7 Neraca Massa di Sekitar Fix Bed Multitube (R-01)	47
Tabel 2.8 Neraca Massa di Sekitar Fix Bed Multitube (R-02)	48
Tabel 2.9 Neraca Massa di Sekitar <i>Absorber</i> (AB-01)	49
Tabel 2.10 Neraca Massa di Sekitar Kolom Destilasi (D-01).....	49
Tabel 2.11 Neraca Massa Total.....	50
Tabel 2.12 Neraca Energi di Sekitar Kompresor	50
Tabel 2.13 Neraca Energi di Sekitar Ekspander	50

Tabel 2.14 Neraca Energi di Sekitar <i>Furnace</i>	51
Tabel 2.15 Neraca Energi di Sekitar TWV (V-01)	51
Tabel 2.16 Neraca Energi di Sekitar TWV (V-02)	51
Tabel 2.17 Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-01).....	52
Tabel 2.18 Neraca Energi di Sekitar <i>Blower</i> (BW-01)	52
Tabel 2.19 Neraca Energi di Sekitar <i>Heat Exchanger</i> (HE-01).....	52
Tabel 2.20 Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-02).....	52
Tabel 2.21 Neraca Energi di Sekitar <i>Heat Exchanger</i> (HE-02).....	53
Tabel 2.22 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-01).....	53
Tabel 2.23 Neraca Energi di Sekitar <i>Absorber</i> (AB-01).....	53
Tabel 2.24 Neraca Energi di Sekitar Kolom Destilasi (D-01)	54
Tabel 2.25 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-02).....	54
Tabel 2.26 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-03).....	54
Tabel 2.27 Neraca Energi Overall.....	55
Tabel 2.28 Rincian Luas Bnagunan Pabrik.....	58
Tabel 3.1 Ringkasan desain tangki penyimpanan produk asam akrilat	63
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat.....	66
Tabel 3.3 Perhitungan Spesifikasi Kompresor (C-01).....	68
Tabel 3.4 Perhitungan Spesifikasi <i>Expander</i> (EX-01).....	69
Tabel 3.5 Perhitungan Desain Pompa P-02.....	70
Tabel 3.6 Perhitungan Spesifikasi <i>Blower</i> (BW-01).....	71
Tabel 3.7 Perhitungan Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> HE-01	72
Tabel 3.8 Perhitungan Spesifikasi <i>Furnace</i> (F-01).....	74
Tabel 3.9 Perhitungan Spesifikasi Reaktor Oksidasi Propilen (R-01).....	76
Tabel 3.10 Perhitungan Spesifikasi Kolom Absorbsi ABS-01	78

Tabel 3.11 Perhitungan Spesifikasi Desain Kolom Destilasi (D-01).....	81
Tabel 4. 1 <i>Cooling Water</i> (ASME, 2017)	84
Tabel 4. 2 Syarat-syarat Air Umpan <i>Boiler</i> pada industry (ASME,2017).....	85
Tabel 4. 1 Standar Baku Mutu Air Sanitasi (PERMEN KES, 2017).....	86
Tabel 4.2 Kebutuhan Panas Pembuatan Asam Akrilat	94
Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin	96
Tabel 4.4 Kebutuhan untuk Peralatan Proses.....	99
Tabel 4.5 Kebutuhan untuk Peralatan Utilitas	99
Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Pabrik (PERMENKES, 2016)..	100
Tabel 4.7 Kebutuhan <i>steam</i> pada proses	105
Tabel 4.8 Baku Mutu Air Limbah B3 (PERMEN LHK, 2019).....	112
Tabel 4.9 Parameter Uji Program Laboratorium.....	122
Tabel 5.1 Pembagian <i>Shift</i> Karyawan	142
Tabel 5.2. Jadwal Kerja Untuk Setiap Regu	142
Tabel 5.3. Jabatan dan Pendidikan.....	144
Tabel 5.4. Rincian Jumlah Karyawan Proses Produksi	146
Tabel 5.5. Rincian Jumlah Karyawan Utilitas	147
Tabel 5.6. Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji	148
<u>z</u> Tabel 6. 1 Analisa HAZOP Tangki Penyimpanan	156
Tabel 6. 2 Analisa HAZOP Pompa.....	158
Tabel 6. 3 Analisa HAZOP Reaktor	163
Tabel 6. 4 Analisa HAZOP pada Kolom Destilasi	167
Tabel 6. 5 Analisa HAZOP pada Kompresor	171
Tabel 6. 6 Analisa HAZOP pada <i>Heat Exchanger</i>	173
Tabel 6. 7 Analisa HAZOP pada <i>Furnace</i>	174

Tabel 6. 8 Analisa HAZOP pada <i>Absorber</i>	175
Tabel 7.1 Indeks CEPCI pada Tahun 2005-2024	180
Tabel 7.2 Perhitungan <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	193
Tabel 7.3 Perhitungan <i>Indirect Plant Cost</i> (IPC).....	193
Tabel 7.4 Perhitungan <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	194
Tabel 7.5 Perhitungan <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	195
Tabel 7.6 Perhitungan <i>Raw Material Expenses</i>	196
Tabel 7.7 Perhitungan <i>Direct Manufacturing Cost</i>	196
Tabel 7.8 Perhitungan <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	197
Tabel 7.9 Perhitungan <i>Product Expenses</i>	197
Tabel 7.10 Perhitungan <i>General Expenses</i>	197
Tabel 7.11 Perhitungan <i>Total Operating Expense</i>	198

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang berperan penting dalam perekonomian di Asia Tenggara dan di Dunia, pertumbuhan ekonomi dapat mendorong meningkatnya kebutuhan bahan kimia baik secara bahan baku maupun bahan tambahan untuk mencukupi kebutuhan hidup sehari-hari. Bukan hanya aspek ekonomi, pada aspek teknologi juga mengalami perkembangan, sehingga mendorong perkembangan industri kimia. Sehingga dari hal tersebut, kegiatan perkembangan industri kimi di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri.

Pada tahun 2024 industri pengolahan non-migas mengalami peningkatan dan mampu menopang perekonomian Indonesia. Pada awal tahun 2024 sektor ini menyumbang 16,70% dari Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dengan pertumbuhan 4,63%. Hal tersebut membuktikan bahwa perkembangan industri kimia memiliki peran penting dalam sektor perekonomian Indonesia. Namun berdasarkan data impor industri yang paling banyak melakukan kegiatan impor adalah industri logam dengan kontribusi sebesar 31,21%. Perkembangan industri dapat menyebabkan peningkatan baik pada kebutuhan maupun produksi bahan baku dan bahan penunjang. Untuk mengurangi ketergantungan Indonesia pada bahan impor, adanya inovasi dalam proses produksi termasuk pembangunan pabrik baru sangat penting untuk memperkuat ekonomi nasional. Salah satunya yaitu pembangunan pabrik baru berbasis akrilat.

Asam akrilat (*Acrylic acid*) dengan tetenama IUPAC propeonic acid dan rumus kimia $\text{CH}_2\text{CHCO}_2\text{H}$ adalah bahan kimia industri intermediet yang banyak digunakan dalam proses produksi pada industri dan produk konsumen. Asam akrilat merupakan asam karboksilat tak jenuh yang memiliki sifat seperti asam karboksilat, sehingga dapat larut dalam alkohol, dapat bereaksi dengan basa membentuk garam, serta bereaksi dengan gugus alkil membentuk ester. Asam akrilat merupakan bahan kimia yang hasil produksinya dominan untuk memproduksi emulsi dan

pelarut polimer untuk cat latex-based, coating, perekat dan tekstil. Asam akrilat dapat di produksi sebagai material SAP (*Super Absorbent Polymer*) sehingga dapat dijadikan sebagai pengganti fosfat dalam detergen.

Semakin meningkatnya permintaan asam akrilat serta meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia, untuk memenuhi kebutuhan bahan baku para proses produksi ester akrilik – akrilat metil, alkil akrilat, polyakrilat, komonomer pada poliakrilamida anionik pada industri coating, serta SAP. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat dan belum sepenuhnya dapat di-*supply* oleh produsen dalam negeri. Sejauh ini hanya ada satu industri yang memproduksi asam akrilat, yaitu PT. Nippon Shokubai dengan kapasitas 240.000 ton/tahun. Untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat dan mengurangi impor, maka perlu dibangun pabrik asam akrilat.

Pendirian pabrik asam akrilat diharapkan dapat:

1. Memenuhi kebutuhan asam akrilat dalam negeri, sehingga dapat mengurangi angka impor dan dapat menghemat devisa negara.
2. Menghemat devisa negara dengan adanya pabrik asam akrilat sehingga kapasitas import dapat dikurangi.
3. Meningkatkan devisa negara dengan mengekspor produk karena kebutuhan asam akrilat global yang semakin meningkat.
4. Membuka lapangan pekerjaan dan dapat menurunkan angka pengangguran di Indonesia.

1.2 Kapasitas Pabrik

Pada penentuan kapasitas pra-rancangan pabrik yang akan didirikan harus mengacu pada kapasitas minimum dari pabrik yang telah didirikan baik sama ataupun lebih dari kapasitas pabrik minimum yang sudah berjalan. Dalam melakukan penentuan kapasitas pabrik asam akrilat, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya sebagai berikut :

1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar

Proyeksi kebutuhan pasar akan asam akrilat dapat ditentukan dari selisih antara kebutuhan asam akrilat di Indonesia dengan pabrik yang

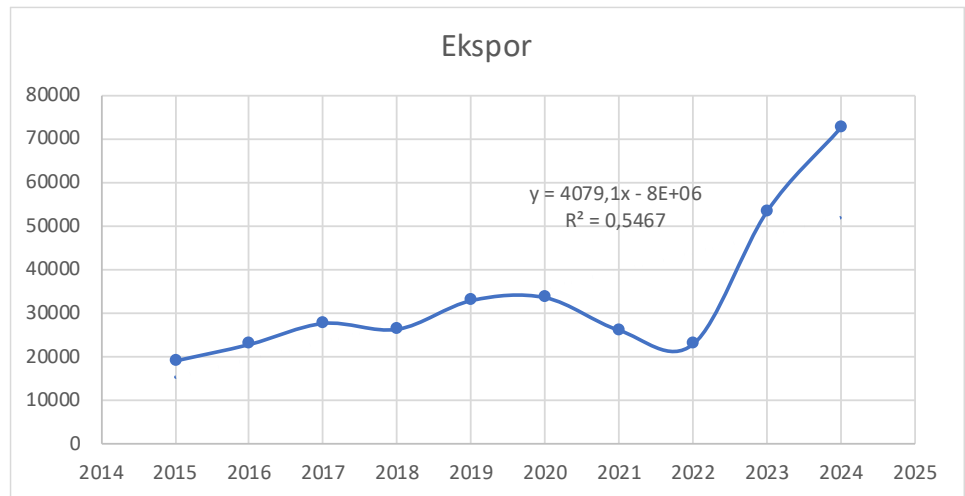
memproduksi asam akrilat di Indonesia. Dari selisih yang telah diperoleh tersebut, dapat dijadikan acuan sebagai kebutuhan asam akrilat dalam negeri. Di Indonesia terdapat 1 pabrik yang memproduksi asam akrilat, yakni PT. Nippon Shokubai Indonesia yang telah beroperasi sejak tahun 1996 dengan kapasitas awal 60.000 ton/tahun namun terjadi 2 kali peningkatan kapasitas yang terjadi pada tahun 2013 yang meningkat menjadi 120.000 ton/tahun dan pada tahun 2021 terjadi peningkatan kapasitas produksi kembali menjadi 240.000 ton/tahun.

Angka kebutuhan asam akrilat di Indonesia dapat ditentukan dari mempertimbangkan nilai ekspor – impor. Mengacu pada data dari Badan Pusat Statistik (2024), pertumbuhan angka ekspor asam akrilat di Indonesia tahun 2015 – 2024 dapat dilihat pada tabel 1.1 dibawah ini :

Tabel 1. 1 Data Ekspor Asam Akrilat di Indonesia tahun 2015 – 2024

Tahun	Ekspor (ton/tahun)	Pertumbuhan Ekspor
2015	18990	0
2016	22772	19,91574513
2017	27601	21,20586685
2018	26247	-4,905619362
2019	32860	25,19526041
2020	33514	1,990261716
2021	25988	-22,45628692
2022	22820	-12,19024165
2023	53360	133,8299737
2024	72653	36,15629685
Rata – rata		15,761 %
Pertumbuhan / tahun		

*(sumber: <http://bps.go.id>)

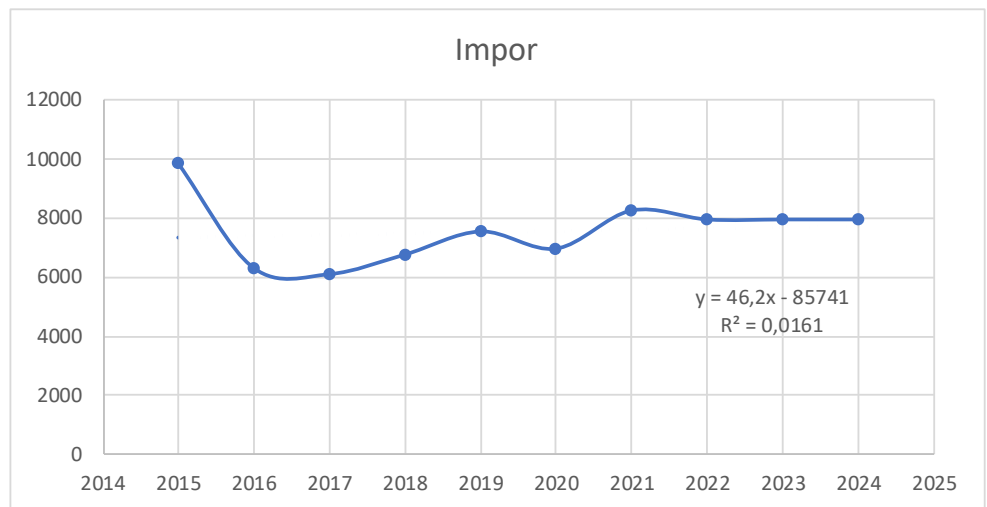


Gambar 1.1 Grafik Data Ekspor Asam Akrilat Tahun 2015-2025

Tabel 1.2 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia Tahun 2015-2024

Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan Impor
2015	9850	0
2016	6298	-36,06091371
2017	6091	-3,286757701
2018	6758	10,95058283
2019	7541	11,58626813
2020	6959	-7,717809309
2021	8254	18,60899555
2022	7948	-3,707293433
2023	7948	0
2024	7948	0
Rata – rata		2,97 %
Pertumbuhan / tahun		

*(sumber: <http://bps.go.id>)



Gambar 1.2 Grafik Data Impor

Mengacu pada data yang tertera di tabel 1.1 dan tabel 1.2 jumlah ekspor dan impor asam akrilat di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, dari tabel 1.1 dan 1.2 juga diperoleh data laju rata rata pertumbuhan impor asam akrilat yakni sebesar 2,972 %, dan untuk ekspor asam akrilat sebesar 15,761 % dari tahun 2015 – 2024. Dari data laju rata rata pertumbuhan ekspor maupun impor diatas, akan digunakan untuk melakukan proyeksi jumlah ekspor dan impor asam akrilat dengan memperkirakan pabrik akan beroperasi selama 15 tahun hingga tahun 2042, data proyeksi jumlah ekspor dan impor dapat dilihat pada tabel 1.3 dibawah ini :

Tabel 1.3 Proyeksi jumlah ekspor dan impor asam akrilat di Indonesia tahun 2025 - 2040

Tahun	Jumlah ekspor(ton)	Jumlah impor(ton)
2025	84103,1128	8184,0556
2026	95553,2256	8420,1112
2027	107003,3384	8656,1668
2028	118453,4512	8892,2224
2029	129903,564	9128,278
2030	141353,6768	9364,3336
2031	152803,7896	9600,3892

Tahun	Jumlah ekspor(ton)	Jumlah impor(ton)
2032	164253,9024	9836,4448
2033	175704,0152	10072,5004
2034	187154,128	10308,556
2035	198604,2408	10544,6116
2036	210054,3536	10780,6672
2037	221504,4664	11016,7228
2038	232954,5792	11252,7784
2039	244404,692	11488,834
2040	255854,8048	11724,8896

*(sumber: <http://bps.go.id>)

Dari proyeksi tersebut, dapat diketahui pada tahun 2030 diperkirakan jumlah kebutuhan total ekspor dan impor mencapai 150.869 ton/tahun. Sedangkan, setelah diproyeksikan hingga 10 tahun kedepan sejak pabrik berdiri tahun 2030, kebutuhan total ekspor dan impornya mencapai 375.437 ton/tahun. Sementara di pasar Internasional, angka konsumsi asam akrilat pada tahun 2025 diperkirakan mencapai lebih dari 12.000 Kilo ton dan akan terus mengalami peningkatan pada setiap tahunnya.

Berdasarkan tabel 1.3 direncanakan pabrik akan berdiri pada tahun 2030. Pada produksi ini, data yang digunakan merupakan data impor dan ekspor dari tahun 2015 – 2024, sehingga diperkirakan data kebutuhan asam akrilat pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan rumus metode *discounted* sebagai berikut :

$$M = P \times (1 + i)^n$$

Dimana :

M = Jumlah Produk pada akhir tahun perhitungan

P = Data besarnya impor/ekspor/produksi/konsumsi tahun 2024

i = Rata – rata Kenaikan setiap tahun

n = Selisih tahun 2024 dan tahun 2030

M₁ = Impor tahun

- M_2 = Produksi pabrik lama 2027
 M_3 = Produksi pabrik baru 2027
 M_4 = Ekspor 2027
 M_5 = Konsumsi 2027 (asumsi konsumsi = impor)

a. Menghitung Peluang Kapasitas

$$M = P \times (1 + i)^n$$

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

$$M_3 = (M_1 + M_2) - (M_4 + M_5)$$

$$M_1 = 0 \text{ (asumsi 0 karena sudah tidak impor lagi)}$$

$$M_2 = 0 \text{ (asumsi 0 dikarenakan telah berdiri pabrik)}$$

$$M_4 = 82.777,72479$$

$$M_5 = 8.677,932017$$

b. Menghitung Peluang Kapasitas Berdasarkan Prediksi Data Ekspor dan Impor pada Tahun 2030

$$\text{Peluang} = \text{Supply} - \text{Demand}$$

$$\text{Demand} = \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} = 82.777,725 + 8.677,93 = 91.455,657$$

$$\text{Supply} = \text{Produksi} + \text{Impor} = 240.000 + 0 = 240.000$$

$$\text{Peluang} = 240.000 - 91.455,657 = 165.900,23$$

Dari hasil perhitungan peluang kapasitas diatas perlu dikalikan dengan faktor pengkali 0,4 – 0,9 (Berdasarkan buku Rules of Thumb For Chemical Engineering, Carl Branen halaman 235) untuk kebutuhan nasional dan pemenuhan kontribusi pabrik. Maka dari itu dipilih 0,55 sebagai faktor pengkali untuk pemenuhan kontribusi pabrik.

c. Menghitung kapasitas produksi pada tahun 2027

Kapasitas produksi = $195.900 \times 0,55 = 91.245,1$ dibulatkan menjadi 92.000. Maka kapasitas produksi pada tahun 2027 adalah **92.000 ton/tahun**

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Berdasarkan (Kirk-Othmer, 1989) dalam proses pembentukan asam akrilat, propilen akan dikonversikan sebesar 97,5% dengan *yield* asam akrilat sebesar 84,3%. Maka, diperkirakan untuk memproduksi asam akrilat dengan kapasitas 92.000 ton/tahun, dibutuhkan bahan baku propilen sebanyak 70.053,35 ton/tahun.

Indonesia sudah memiliki produsen dalam negeri yang memproduksi propilen, sehingga bahan baku dapat diambil dari dalam negeri. Berikut ini data produsen yang memproduksi butana di Indonesia pada tabel 1.4 :

Tabel 1.4 Produsen propilen di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas
PT. Chandra Asri Petrochemical	Ciwandan, Banten	490.000 ton/tahun
PT. Pertamina (RFCC) RU IV	Cilacap, Jawa Tengah	142.000 ton/tahun
PT. Pertamina (ROPP) RU VI	Balongan, Jawa Barat	179.000 ton/tahun

*(sumber: pertamina.com/; chandra-asri.com)

1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

Penentuan kapasitas pabrik harus didasarkan pada kapasitas minimum atau minimal dari pabrik yang sudah ada. Hal tersebut dikarenakan pabrik yang telah didirikan telah memiliki analisis ekonomi mengenai kapasitas yang sesuai dan memberikan keuntungan. Berikut data kapasitas pabrik asam akrilat yang sudah beroperasi baik dalam negeri maupun di luar negeri yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan kapasitas pabrik.

Tabel 1.5 Kapasitas pabrik asam akrilat global

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas
Nippon Shokubai Indonesia	Cilegon, Banten, Indonesia	140.000 ton/tahun
BASF - Petronas	Kuantam, Malaysia	160.000 ton/tahun
Singapore Acrylic	Jorong Island, Singapore	73.000 ton/tahun
Bharat Petroleum	Kochi India	160.000 ton/tahun
Idemitsu (Aichi Refinery)	Kosan Japan	50.000 ton/tahun
Mitsubishi Chemical	Japan	50.000 ton/tahun
Nippon Shokubai	Japan	90.000 ton/tahun
Nippon Shokubai America Industries	Tennessee, USA	540.000 ton/tahun
Akrilat	Dzerzhinks, Russia	25.000 ton/tahun
American Acrylic	Bayport, Texas, US	120.000 ton/tahun
Arkema	Clear Lake, Texas	320.000 ton/tahun
BASF	Antewerp, Belgium,	320.000 ton/tahun
	Freeport, Texax, US	230.000 ton/tahun
	Ludwigshafen, Germany	270.000 ton/tahun

BASF-YPC	Nanjing, China	160.000 ton/tahun
Beijing Eastern Petrochemical	Beijing, China	80.000 ton/tahun
Celanese	Cangrejera, Mexico	40.000 ton/tahun
Dow Chemical	Bohlen, Germany	80.000 ton/tahun
	Deer Park, Texas, US	410.000 ton/tahun
	Taft, Louisiana, US	110.000 ton/tahun
Formosa Plastics	Kaohsiung, Taiway	60.000 ton/tahun
	Mailiao, Taiwan	100.000 ton/tahun
	Ningbo, China	160.000 ton/tahun
Hexion	Sokolov, Czech Republic	55.000 ton/tahun
Idemitsu petrochemical	Jilin, China	35.000 ton/tahun
Jiangsu Jurong Chemical	Yancheng, China	205.000 ton/tahun
Jilin Petrochemical	Jilin, China	35.000 ton/tahun
LG Chem	Naju, South Korea	65.000 ton/tahun
	Yeochun, South Korea	128.000 ton/tahun
Oita Chemical	Oita, Japan	60.000 ton/tahun
Sasol Acrylates	Sasolburg, South Africa	80.000 ton/tahun
Shanghai Huayi	Shanghai, China	200.000 ton/tahun
Singapore Acrylics	Pulau Sakra, Singapore	75.000 ton/tahun
StoHaas Monomer	Deer Park, Texas, US	165.000 ton/tahun
	Marl, Germany	265.000 ton/tahun

*(sumber: Shokubai.com; icis.com; idemitsu.com; m-chemical.co.jp; bharatpetroleum.com; orbichem.com)

Secara global hampir 25 % kebutuhan akan asam akrilat dipenuhi oleh Nippon Shokubai. Dari Tabel 1.5, diketahui kapasitas pabrik paling kecil yang berdiri adalah pabrik Akrilat yang berlokasi di Russia dengan kapasitas 25.000 ton/tahun dan kapasitas terbesar yang sudah berdiri adalah pabrik Nippon Shokubai di Jepang dengan kapasitas 540.000 ton/tahun.

1.2.4 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

Dari proyeksi kebutuhan asam akrilat di Indonesia yang telah diperoleh dari tabel 1.2 diketahui kebutuhan asam akrilat di Indonesia berada pada rentang 344.419 – 400.057 ton/tahun, serta mengacu pada data pada Tabel 1.5 yang menunjukkan rentang kapasitas pabrik yang sudah berjalan baik di Indonesia maupun secara global, data tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

Pabrik yang baru didirikan tidak bisa sepenuhnya langsung bisa memenuhi kebutuhan pasar, karena perlu membangun kepercayaan dari masyarakat. Mengacu pada data pabrik yang sudah pernah melakukan start up, pabrik yang baru berdiri hanya bisa memenuhi sekitar 15 – 20 % dari kebutuhan pasar. Berdasarkan pertimbangan – pertimbangan diatas, maka dapat ditentukan kapasitas pabrik asam akrilat yang akan didirikan pada tahun 2030 adalah 20 % dari 400.057 ton/tahun, yaitu 80.011,4 ton/tahun, atau dapat dipertimbangkan kapasitas pabrik sebesar 92.000 ton/tahun, mengingat sudah terdapat pabrik yang beroperasi dengan kapasitas demikian.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Secara geografis penentuan lokasi pabrik sangat penting untuk menentukan kemajuan dan keberlangsungan dari suatu industri dalam jangka panjang. Pemilihan lokasi harus tepat berdasarkan perhitungan beberapa faktor seperti biaya

produksi yang seminimal mungkin serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik.

Selain itu pemilihan lokasi pabrik dilakukan pertimbangan teori Alferd Weber. Teori ini menunjukkan dampak keberadaan pabrik jika dekat dengan bahan baku atau produk proses. Menurut Weber ada dua jenis alasan pemilihan lokasi pabrik seperti *Weight Losing* yaitu jika pabrik didirikan dekat dengan bahan baku karena produk yang dihasilkan lebih ringan daripada bahan baku. Sedangkan, *Weight Gaining* yaitu pabrik yang didirikan dekat dengan pemasaran produk karena produk yang dihasilkan lebih berat dibandingkan bahan bakunya terjadi akibat adanya penambahan bahan selama proses produksi. Berdasarkan teori Alferd Weber pemilihan lokasi tidak hanya mempertimbangkan berat molekul atau bahan baku, tetapi karakteristik bahan serta biaya dan cara transportasinya, baik menuju maupun keluar dari pabrik.

Dengan mempertimbangkan bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan asam akrilat yaitu propilen berfasa gas, maka akan lebih baik jika pabrik didirikan dekat dengan bahan baku. Hal ini karena transportasi lebih sulit dan biaya transportasi lebih mahal karena membuntuhkan tanki berbentuk *spherical*. Sehingga jika lokasi pabrik dekat dengan bahan baku maka dapat langsung dialirkan ke pabrik melalui sebuah pipa dibandingkan disimpan di dalam tangki bertekanan dan dikirim melalui kontainer jika lokasi pabrik jauh dari bahan baku. Berdasarkan pertimbangan tersebut, terdapat 3 wilayah yang memungkinkan untuk dijadikan lokasi pabrik dengan kapasitas produksi bahan baku propilene yang memungkinkan, antara lain:

- a. Cilegon, Banten
- b. Indramayu, Jawa Barat
- c. Cilacap, Jawa Tengah

Berikut merupakan parameter yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik diantara kemungkinan wilayah diatas, antara lain

Tabel 1.6 Perbandingan Lokasi untuk Pendirian Pabrik Asam
Akrilat

Lokasi / Parameter	Cilegon, Banten	Indramayu, Jawa Barat	Jawa Tengah	Cilacap, Jawa Tengah
Ketersedian Bahan Baku	Ketersediaan bahan baku pembuatan asam akrilat, propilen yang diproduksi oleh PT. Candra Asri Petrochemical yaitu sebesar 470.000 ton/tahun.	Dekat dengan sumber bahan baku, sehingga suplai lebih mudah, dipenuhi oleh Pertamina RU IV Balongan dengan kapasitas 179.000 ton/tahun.	dengan bahan baku sehingga suplai bahan baku mudah, terpenuhi dari PT RU IV Cilacap dengan kapasitas 142.000 ton/tahun	Dekat dengan sumber bahan baku propilen, sehingga suplai bahan baku mudah, terpenuhi dari PT RU IV Cilacap dengan kapasitas 142.000 ton/tahun
Pemasaran Produk	Karena Cilegon adalah industri kimia yang besar dan cukup berkembang. Maka Cilegon dapat dijadikan pasar yang baik bagi produksi asam akrilat yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri polimer, perekat, cat dan	Dekat dengan pasar atau pabrik yang membutuhkan asam akrilat sebagai bahan baku. Industri ini kebanyakan berada di daerah pulau Jawa.	Dekat dengan pasar atau pabrik yang membutuhkan asam akrilat yang banyak berada di pulau Jawa.	Dekat dengan pasar atau pabrik yang membutuhkan asam akrilat yang banyak berada di pulau Jawa.

industri tekstil
yang ada di
cilegon

Sumber	Daya	Berdasarkan data	Berdasarkan data	Berdasarkan data
Manusia		dari Badan Pusat Statistika (BPS) Kota Cilegon pada tahun 2024 menyebutkan penduduk usia produktif (15 – 59 tahun) sebesar 66,21%. Adapun 26,15% adalah anak-anak (usia 0 - 14 tahun) dan 7,64% lainnya adalah penduduk dengan usia lebih dari 60 tahun. Untuk UMR tahun 2025 kota Cilegon dengan upah minimum sebesar Rp 5.128.084,-.	dari Badan Pusat Statistika (BPS) Kota Indramayu pada tahun 2024 menyebutkan, penduduk usia produktif (15 – 59 tahun) sebesar 65,73%. Sedangkan usia anak-anak (umur 0 - 14 tahun) serta usia lanjut yang berumur lebih dari 60 tahun masing-masing sebesar 22,26% dan 12,01% dengan upah minimum kota Rp 2.794.237,-.	dari Badan Pusat Statistika Kota Cilacap pada tahun 2024 menyebutkan, penduduk usia produktif (15 – 59 tahun) sebesar 64,06%. Sedangkan usia anak-anak (umur 0 - 14 tahun) serta usia lanjut yang berumur lebih dari 60 tahun masing-masing sebesar 20,63% dan 15,31%.. Untuk UMR tahun 2025 kota Cilacap dengan upah minimum kota sebesar Rp 2.640.248,-.

Utilitas	<p>Kawasan Industri Cilegon memiliki akses pasokan listrik yang sangat mudah, yang dapat diperoleh dari PT PLN serta PLTU Suralaya yang berlokasi tidak jauh dari kawasan tersebut. Selain itu, ketersediaan air di kawasan ini cukup melimpah, dengan salah satu sumber utama berasal dari Sungai Cindana. Dari segi lahan, kawasan industri ini masih memiliki ribuan hektar area yang belum dimanfaatkan, memberikan potensi besar untuk pengembangan lebih lanjut.</p>	<p>Kawasan Industri Indramayu biasa memperoleh pasokan listrik dari PLTU Indramayu yang lokasinya tidak jauh. Ketersediaan air di kawasan ini juga sangat mencukupi, dengan sumber utama berasal dari Waduk Jatiluhur. Selain itu, kawasan industri ini masih memiliki lahan kosong yang luas, mencapai ribuan hektar.</p>	<p>Pasokan listrik di kawasan industri Cilacap dapat diperoleh dari PLTU Cilacap, yang berlokasi tidak jauh dari kawasan industri. Sumber air di Cilacap juga melimpah dan terjamin di Kawasan Industri Cilacap. Selain itu, lahan di kawasan industri ini masih terdapat lahan bebas seluas ribuan hektar.</p>
----------	--	--	---

Transportasi	<p>Pendirian pabrik di daerah Cilegon dekat dengan sumber bahan baku dan keetrsediaan insfrastruktur yang memadai, seperti jalan raya yang mempermudah transportasi dan distribusi produk melalui jalur darat. Lokasi yang berdekatan dengan laut memiliki keuntungan dalam pengiriman barang melalui Pelabuhan Merak, sehingga memperlancar pemasaran produk baik di dalam negeri maupun ke pasar internasional.</p>	<p>Pendirian pabrik di Indramayu memiliki keuntungan strategis karena kedekatannya dengan sumber bahan baku. Selain itu, infrastruktur transportasi di wilayah ini sudah memadai, dengan adanya akses jalan raya yang memperlancar distribusi produk melalui jalur darat. Lokasi yang dekat dengan laut juga menjadi nilai tambah, sehingga pengiriman barang melalui jalur laut via Pelabuhan Karangsong. Hal ini mendukung kelancaran pemasaran produk, baik untuk pasar</p>	<p>Pendirian pabrik di Indramayu dekat dengan sumber bahan baku dan untuk mobilitasnya sudah memadai karena jalan raya yang memudahkan transportasi maupun pendistribusian produk melalui darat serta dekat dengan laut sehingga memudahkan transportasi jalan laut melalui pelabuhan yaitu Pelabuhan Tanjung Intan, tetapi pelabuhan ini terletak di selatan Pulau Jawa sehingga</p>
--------------	---	--	---

domestik maupun sulit untuk internasional. pemasaran lewat jalur laut.

*(sumber: bps.go.id; k3i.korlantas.polri.go.id; esdm.go.id; databoks.katadata.co.id/)

Berikut ini tabel analisis parameter yang penting untuk penentuan lokasi pabrik asam akrilat pada tabel sebelumnya. Analisis parameter tersebut berdasarkan scoring skala prioritas sesuai dengan kondisi paling menguntungkan dalam pemilihan lokasi pabrik.

Tabel 1.7 Pemilihan Lokasi Pabrik Asam Akrilat

Parameter	Indramayu	Cilacap	Cilegon
Ketersediaan Bahan Baku	3	1	3
Pemasaran Produk	3	1	3
Sumber Daya Manusia	3	3	3
Utilitas	3	3	3
Transportasi	3	1	3
Harga Tanah	3	3	2
UMK	3	3	1
Total	21	15	18

*Keterangan : 3 = Sangat Prioritas; 2 = Prioritas; 1 = Tidak prioritas

Berdasarkan hasil analisa diatas, maka pemilihan lokasi pabrik terletak di Indramayu, Jawa Barat, karena dilihat dari bebrapa faktor seperti ketersediaan bahan baku yang diperoleh dari PT. Pertamina RU IV Balongan yang memproduksi propilen dengan kapasitas 179.000 ton/tahun. Untuk pemasaran produk sebagian besar pabrik yang membutuhkan bahan baku asam akrilat terdapat di Kawasan Industri Karawang, Bekasi, Bandung, Subang, Cirebon, sehingga untuk transportasi dapat dilakukan dengan jalur darat dan untuk proses ekspor ke luar

negri lebih mudah karena dapat melalui Pelabuhan Karangsong yang posisinya strategis. Untuk UMK daerah Indramayu tidak terlalu besar sehingga dapat mendukung keberlangsungan proses pendirian pabrik. Untuk proses utilitas, Indramayu memiliki kawasan industri sehingga mempermudah untuk proses utilitasnya. Untuk kebutuhan sumber listrik dapat dipenuhi dari PLTU Indramayu. Sumber air yang diperoleh dari Waduk Jatiluhur dapat memenuhi proses utilitas pabrik, selain itu di daerah Indramayu masih terdapat lahan bebas seluas ribuan hektar untuk pendirian pabrik. Untuk harga tanah di Indramayu masih sangat murah dan masih banyak lahan kosong sehingga dapat mengefisiensi investasi awal.



Gambar 1.3 Denah Lokasi Pabrik Asam Akrilat

1.4 Tinjauan Proses

Menurut Kirk Othmer, 1985 dan Faith & Keyes, 1975 Proses pembuatan Asam Akrilat dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain:

a. *Etylene Cyanohidrin Methode*

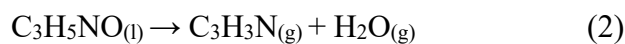
Metode Ethylene Cyanohydrin (ECH) merupakan metode produksi asam akrilat yang menggunakan *ethylene cyanohydrin* sebagai bahan baku utama. Metode ini terbagi menjadi 3 tahapan utama dimana pada tahap 1 dilakukan sintesis *Ethylene Cyanohydrin* menggunakan reaksi antara

Ethylene Oxide (C₂H₄O) dengan *hidrogen sianida* (HCN) dimana *Ethylene Oxide* terkonversi 98% menjadi *Ethylene Cyanohydrin*. Dilanjut tahap kedua yakni dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* pada suhu tinggi berkisar antara 200 – 400 °C untuk menghasilkan produk Akrilonitril (C₃H₃N) dengan nilai *yield* sebesar 85 %, kemudian dilanjut tahapan terakhir yakni Akrilonitril yang telah terbentuk di hidrolisis menggunakan senyawa yang bersifat asam ataupun basa, sehingga dapat menghasilkan produk akhir berupa Asam Akrilat (C₃H₄O₂) dan amonia (NH₃) sebagai produk samping dengan rasio pembentukan asam akrilat sebesar 90 % dan produk samping sebesar 10 %.

Metode ini jarang digunakan karena faktor keamanan dan biaya yang lebih tinggi dibandingkan. Metode ini juga cenderung memiliki rasio konversi yang tergolong kecil dimana nilai *yield* dari setiap tahapan hanya sekitar 59% - 70%, metode ini juga kurang cocok digunakan dikarenakan ketatnya pemilihan katalis asam ataupun basa yang mempengaruhi hasil akhir reaksi.

Pada prosesnya reaksi sintesis asam akrilat menggunakan metode ini berlangsung dalam fase gas, cair dalam reaktor fixed bed multitube.

Reaksi :

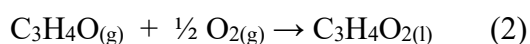


b. *Propylene Oxidation Methode*

Metode *Propylene Oxidation* merupakan metode produksi asam akrilat yang kerap digunakan di industri besar. Metode terbagi menjadi 2 tahapan dimana pada tahap pertama melibatkan proses oksidasi propilena menjadi Akrolein dimana propilena dioksidasi menggunakan oksigen (O₂) dengan katalis berbasis *molibdenum* (Mo) dan *bismut* (BI). Reaksi ini menghasilkan akrolein dengan tingkat konversi propilen mencapai 98 %. Kemudian dilanjut tahap kedua dimana Akrolein di oksidasi menjadi asam akrilat dengan oksigen dengan bantuan katalis berbasis *vanadium* (V) dan *molibdenum* (Mo)

sehingga dapat terbentuk produk akhir yakni asam akrilat. Pada tahap ini akrolein terkonversi 99 % menjadi asam akrilat 94 % dengan produk samping berupa CO₂, asam asetat, dan aldehida. Proses oksidasi ini berlangsung pada fase uap dalam reaktor *fixed bed multitube*.

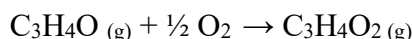
Reaksi :



c. *Glycerol Dehydration-Acrolein Oxidation Route*

Merupakan salah satu proses baru yang masih dikembangkan untuk membuat asam akrilat. Pada proses ini memanfaatkan gliserol dari hasil samping produksi biodiesel. Gliserol akan didehidrasi menjadi akrolein dengan bantuan katalis menjadi asam akrilat.

Reaksi :



Dari ketiga proses diatas, dapat dibuat perbandingan proses berdasarkan berbagai parameter untuk melihat proses manakah yang paling efisien diantara ketiganya. Berikut ini disajikan tabel proses pembuatan asam akrilat

Tabel 1.8 Proses Pembuatan Asam Akrilat

Parameter	Ethylene Cyanohidrin Route		Propylene Oxidation Route		Glycerol Dehydration- Acrolein Oxidation Route	
	<i>Fixed</i>	<i>Bed</i>	<i>Fixed</i>	<i>Bed</i>	<i>Fixed</i>	<i>Bed</i>
Kondisi	T : 80 – 150°C		T : 100 – 150°C		T : 250 – 340°C	
Operasi	P : 1 – 5 atm		P : 1 – 3 atm		P : 1 – 3 atm	
Jenis Reaktor	<i>Multitube Reactor</i>		<i>Multitube Reactor</i>		<i>Catalytic Reactor</i>	
Konversi	85 %		96 %		80 %	
Selektivitas	90 %		93 %		90 %	

Hasil Samping Reaksi	Produk Asam Format, Asam Asetat, dan Sianida	CO ₂ , Asam Asetat, dan Aldehida	Asam Format dan Asam Asetat
Harga Bahan Baku	US\$ 1550 - 2250 /metrik ton	US\$ 900 – 1250 /metrik ton	US\$ 1700 /metrik ton

*Keterangan: T = Temperatur ; P = Tekanan

Berbagai metode untuk pembuatan asam akrilat telah disebutkan di atas, untuk membuat asam akrilat dikomersialkan menggunakan proses oksidasi propilen karena dari segi biaya, bahan baku, dan biaya operasi yang tidak berlebihan, serta biaya pembuangan limbah yang minimal karena produk samping yang dihasilkan tergolong sebagai bahan baku yang dibutuhkan dalam produksi dari bahan pokok lain seperti CO₂ dan asam asetat. Dari beberapa bahan baku yang digunakan, pemanfaatan propilen akan lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia lainnya (polipropilen, akrilonitril, propilen oksida, isopropanol).

Oleh karena itu, meskipun biaya dari propilen diperkirakan akan meningkat, namun dengan laju peningkatan yang lebih lambat dari kenaikan dari bahan baku lainnya. Proses ini didasarkan pada oksidasi dua tahap. Proses oksidasi propilen menjadi pilihan utama dalam produksi asam akrilat dikarenakan ketersediaan baik bahan baku maupun katalis yang dibutuhkan dapat dengan mudah didapatkan.

Bahan baku yang digunakan berupa propilen dan udara mudah diperoleh sehingga ketersediaannya melimpah. Konversi yang diperoleh cukup tinggi yaitu pada tahap satu sebesar 98 % dan tahap dua sebesar 98,30%. Komposisi yang terdapat dalam bahan baku cukup sederhana sehingga pengendalian proses relatif lebih mudah, serta proses dan peralatan yang digunakan sederhana sehingga biaya pemeliharaan dan pengendalian lebih lebih murah.

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Produksi

A. Propilen

- Rumus Molekul : C_3H_6
- Berat Molekul : 42,0804 kg/mol
- Kemurnian : min 99,4 % mol
- Impuritas : Propana 0,6 % mol
- Bau : Khas

B. Udara Proses

- Suhu : 30° C
- Tekanan : 1 atm
- Komposisi : N ± 79% mol
O₂ ± 21 % mol
Partikulat padat ± 0,02 % massa

C. *Steam*

- Suhu : 330°C
- Tekanan : 1,8 atm
- Kondisi : *Superheated*

(MSDS, 2022)

2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang Produksi

A. Katalis $Bi_2Mo_3O_{12}$ (*Bismuth (III) Molybdate*)

- Bentuk : Kristal
- Warna : Abu – Abu
- Berat Molekul : 897,77 gr/mol
- Ukuran : 0,47 cm
- Porositas : 0,411

- Bulk Density : 5,9 – 6,07 gr/cm³
- B. Katalis MoWO₆ (*Molybdenum Tungsten Trioxide*)
 - Bentuk : Kristal
 - Warna : Putih atau Abu – Abu
 - Berat Molekul : 1 375,8064 gr/mol
 - Ukuran : 0,47 cm
 - Porositas : 0,411
 - Bulk Density : 15,34 gr/cm³
- C. Solven Air
 - Rumus Molekul : H₂O
 - Fase : Cairan
 - Berat Molekul : 18 gr/mol
 - kemurnian : min 99,99 %

(MSDS, 2022)

2.1.3 Spesifikasi Produk

- A. Asam Akrilat
 - Rumus Molekul : C₃H₄O₂
 - Bentuk : cairan tidak berwarna
 - Berat Molekul : 72,064 gr/mol
 - Bau : khas
 - Kemurnian : min 99,5 % mol
 - Impuritas : asam asetat maks 0,3 % mol
air maks 0,2 % mol

(MSDS, 2022)

2.2 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

2.2.1 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

A. Propilen

1. Sifat Fisika

Rumus Kimia	: C ₃ H ₆
Fase	: Gas tidak berwarna
Berat Molekul	: 42,0804 gr/mol
Titik Didih	: 0,47 cm
Titik Beku	: - 48°C
Densitas	: - 185°C
Tekanan Kritis	: 0,612 g/cc (pada suhu 223°K)
Viskositas	: 11,17 Cp

2. Sifat Kimia

- Khlorinasi

Alkil Klorida dapat di sintesa menggunakan metode khlorinasi dan non katalitik terhadap senyawa propilen ber fase gas pada suhu 500°C dalam reaktor adiabatik. Prinsip reaksi ini terdiri dari substitusi sebuah tomkhlorinasi terhadap atom atom.

- Oksidasi

Propilen dapat dioksidasi menjadi akrolein dengan adanya katalis CuO. Umpan masuk reaktor dengan komposisi 20% volume propilen, 20% volume udara dan 60% volume *steam* dengan waktu kontak satu detik. Pengambilan produk akrolein adalah dengan *quench serubbing effluent* reaktor menggunakan campuran air dan propilen.

- Adisi Hidrogen (Hidrogenasi)

Propilen dapat bereaksi dengan hidrogen (H₂) di bawah kondisi tertentu (misalnya, menggunakan katalis

seperti nikel atau platinum) untuk menghasilkan propana (C₃H₈). Reaksi ini menghilangkan ikatan ganda, mengubah propilen menjadi hidrokarbon jenuh.

- Adisi Halogen (Halogenasi)

Propilen dapat bereaksi dengan halogen, seperti klorin (Cl₂) atau bromin (Br₂), untuk membentuk senyawa dihalogenasi. Reaksi ini terjadi pada posisi yang memungkinkan adisi atom halogen pada masing-masing karbon yang terikat pada ikatan ganda.

- Polimerisasi

Propilen dapat dipolimerisasi untuk membentuk polipropilena, salah satu plastik yang paling banyak digunakan. Polimerisasi terjadi dengan membuka ikatan ganda propilen dan menghubungkan molekul-molekul propilen menjadi rantai panjang.

- Hidrasi

Propilen dengan adanya katalis H₂SO₄ akan bereaksi membentuk *isopropyl alcohol*

- Disproporsinasi

Merupakan reaksi dimana suatu senyawa mengalami perubahan oksidasi, dimana pada kasus propilen terjadi pada suhu 450°C dan tekanan 17 atm akan menghasilkan etilen dan butilen, Proses berlangsung dengan katalis tungsten.

- Ammoksidasi

Propilen bereaksi dengan ammonia dan udara pada suhu 300-450°C tekanan 5-30 psig dengan katalis *bismuth phosphor molibdate on silica gel*

- Hidroperoksida

Propilen bereaksi dengan tert-butyl hidroperoksida dengan bantuan katalis MoO_3 membentuk propilen oksida dan hasil samping tertbutyl alcohol.

(MSDS, 2022)

B. Oksigen dari Udara

Udara diasumsikan terdiri dari 79% mol N_2 dan 23% mol O_2

1. Sifat Fisika

Tabel 2. 1 Sifat Fisika Udara

Parameter	N_2	O_2
Wujud	Gas	Gas
Berat Molekul	28,031	32,01
Spesific Gravity	12,5	1,71
Titik Didih	-195,9	-1833
Titik Beku	-209,68	-214,8
Suhu Kritis	126,2	154,6
Tekanan Kritis	3,3	50,5
Volune Kritis	0,089	0,73
Densitas (Kg/cm^2)	809	1149

2. Sifat Kimia

- Oksigen adalah komponen penting dalam proses pembakaran. Ia bereaksi dengan bahan bakar (seperti hidrokarbon) untuk menghasilkan panas, cahaya, dan produk seperti karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).
- Oksigen bertindak sebagai agen pengoksidasi yang kuat. Ia dapat menerima elektron dari unsur atau senyawa lain, menyebabkan oksidasi. Contohnya adalah karat pada besi (Fe_2O_3).
- Oksigen sangat reaktif, terutama dalam bentuk molekul O_2 . Ia mudah bereaksi dengan banyak unsur dan senyawa,

seperti logam (membentuk oksida) dan non-logam kecuali dengan gas He, Ne, dan Ar.

- d. Oksigen dapat membentuk ozon (O_3) ketika terkena sinar ultraviolet atau percikan listrik. Ozon adalah molekul penting di atmosfer yang melindungi Bumi dari radiasi UV.
- e. Oksigen larut dalam air, yang penting untuk kehidupan akuatik. Kelarutannya berkurang dengan meningkatnya suhu.
- f. Oksigen akan melepas elektron negatif valensi dua dalam kombinasi dengan elemen kimia lainnya.
- g. Pada suhu rendah dan ada katalis, oksigen akan bereaksi dengan kimia organik menghasilkan oxygenated hydrocarbon.
- h. Nitrogen merupakan gas yang relatif inert (tidak reaktif) karena memiliki ikatan rangkap tiga yang sangat kuat pada molekul N_2 , sehingga sulit bereaksi dengan zat lain pada kondisi normal
- i. Nitrogen tidak mendukung proses pembakaran, bahkan sering digunakan untuk mencegah oksidasi atau kebakaran karena sifatnya yang stabil
- j. Nitrogen dapat bereaksi dengan unsur lain pada kondisi tertentu, seperti hidrogen (H_2) membentuk amonia (NH_3) melalui proses Haber.
- k. Nitrogen dapat larut dalam air sehingga kelarutannya lebih rendah dibandingkan oksige

A. Asam Akrilat

1. Sifat Fisika

Rumus Kimia	: $C_3H_4O_2$
Berat Molekul	: 72 Kg/mol
Wujud	: Liquid
Titik Didih	: $141^\circ C$

Titik Leleh	: 13,5° C
Densitas	: 1,045 g/cc (pada suhu 25°C)
Tekanan Kritis	: 5,06 MPa
Suhu Kritis	: 380° C
Viskositas Kinematis	: 1,1 cks (pada suhu 25°C)

2. Sifat Kimia

Asam akrilik memiliki karakteristik reaksi yang khas dari asam tak jenuh dan asam karboksilat alifatik atau ester. Senyawa ini juga memiliki tingkat reaktivitas yang tergolong tinggi hal ini disebabkan oleh adanya dua inti tak jenuh yang terletak pada posisi terkonjugasi atom karbon, yang terpolarisasi oleh gugus karbonil. Hal ini menyebabkan asam akrilik berperilaku seperti elektrofil, sehingga memungkinkan terjadinya penambahan berbagai macam nukleofil dan senyawa hidrogen aktif ke gugus vinilnya. Selain itu, ikatan rangkap karbon-karbon pada asam akrilik dapat mengalami reaksi adisi yang dimulai dengan radikal, reaksi *Diels-Alder* dengan diena, serta reaksi polimerisasi.

Asam akrilik memiliki kecenderungan yang sangat tinggi untuk berpolimerisasi. Proses polimerisasi ini dapat dikatalisis oleh panas, cahaya, dan peroksida, namun dapat dihambat oleh adanya stabilisator seperti eter monometil dari hidrokuinon atau hidrokuinon itu sendiri. Perlu dicatat bahwa penghambat fenolik ini hanya efektif jika terdapat oksigen. Polimerisasi asam akrilat bersifat sangat eksotermis dan spontan, sehingga pelepasan energi yang dihasilkan selama proses ini sangat besar. Hal ini menjadikan polimerisasi asam akrilik sebagai reaksi yang perlu dikontrol dengan hati-hati untuk menghindari reaksi yang tidak diinginkan atau bahkan ledakan.

Secara keseluruhan, asam akrilik adalah senyawa yang sangat reaktif dan serbaguna, dengan aplikasi yang luas dalam sintesis kimia dan industri polimer. Kemampuannya untuk bereaksi

dengan berbagai jenis senyawa dan kondisi reaksi menjadikannya bahan yang penting dalam pembuatan berbagai produk kimia.

(MSDS, 2022)

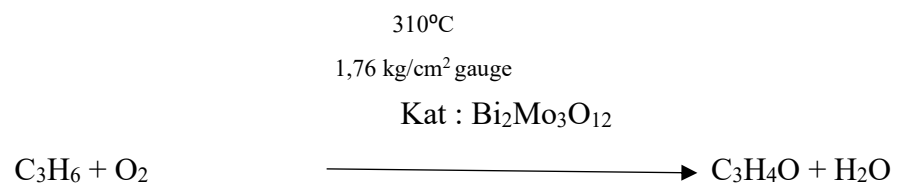
2.3 Konsep Proses

2.3.1 Dasar dan Fase Reaksi

Ada prosesnya, pembuatan asam akrilat dilakukan dalam fase gas dengan menggunakan katalis padat, sehingga proses ini dikategorikan sebagai reaksi katalitik heterogen. Proses ini melibatkan oksidasi dua tahap dari propilena, di mana reaksi oksidasi sengaja dibagi kedalam dua tahap utama dengan tujuan untuk meningkatkan selektivitas produk yang dihasilkan. Reaksi oksidasi ini bersifat eksotermik, artinya melepaskan energi dalam bentuk panas selama berlangsungnya reaksi sehingga selama berlangsungnya reaksi diperlukan sistem pendingin yang mampu menopang keseluruhan proses.

Terdapat beberapa metode kimia untuk menghasilkan asam akrilat, namun yang paling umum digunakan pada dunia industri adalah melalui metode oksidasi parsial propilena. Proses ini biasanya dilakukan dalam dua tahap utama yakni : pertama, propilena dioksidasi menjadi akrolein, kemudian akrolein dioksidasi lebih lanjut menjadi asam akrilat. Setiap tahap reaksi ini umumnya menggunakan katalis yang berbeda dan berlangsung dalam kondisi operasi yang berbeda. Berikut adalah stoikiometri reaksi yang terjadi:

Reaksi Utama Pada Reaktor 1



Reaksi Utama Pada Reaktor 2

310°C

Sedikit diatas tekanan atm

Kat : MoWo



2.3.2 Kebutuhan Katalis Pada Proses Produksi

Katalis yang digunakan pada pembentukan asam akrilat pada reaktor 1 yaitu katalis A yang memiliki komposisi $\text{Bi}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$, Muatan 220cc, berbentuk pelet dengan ukuran 4,7mm. Lalu, pada reaktor 2 digunakan katalis B dengan komposisi MoWO_6 , sampel katalis 73cc berbentuk pelet dengan ukuran 4,7 mm

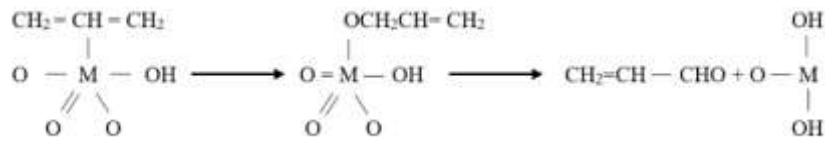
2.3.3 Mekanisme Reaksi

Proses pembentukan asam akrilat menggunakan metode oksidasi propilena terbagi kedalam dua mekanisme reaksi utama sebagai berikut :

1. Oksidasi propilen menjadi akrolein

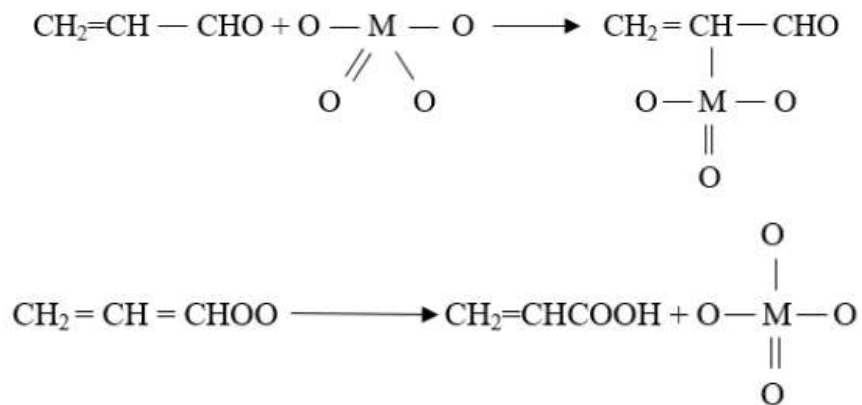
Propilena sebagai bahan baku teradsorpsi pada permukaan katalis yang menyebabkan atom hidrogen alilik (pada C – 3 propilen) diambil oleh atom oksigen dan membentuk *intermediate allylic / radical allylic*, kemudian oksigen yang terdapat pada permukaan katalis teradsorpsi ke dalam *intermediate allylic*, menyebabkan terbentuknya *allyl alcohol*, yang dilanjut tahap dehidrogenasi atau proses oksidasi lanjutan yang nantinya akan membentuk *acrolein* ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$)





2. Oksidasi Akrolein Menjadi Asam Akrilat

Pada oksidasi akrolein menjadi asam akrilat reaksi yang terjadi mempunyai mekanisme reaksi yang serupa dengan reaksi pembentukan propilen menjadi akrolein, yaitu penyisipan oksigen dari kisi – kisi katalis



2.3.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

a. Tinjauan Termodinamika

Apabila ditinjau dari sisi termodinamikanya, reaksi yang terjadi pada pembentukan asam akrilat dengan metode oksidasi propilen, tergolong kedalam reaksi eksotermis dikarenakan melepaskan panas dan termasuk kedalam reaksi searah (*Irreversible*). Untuk mengetahui apakah reaksi tersebut tergolong eksotermis ataupun endotermis dan berlangsung searah (*irreversible*) ataupun dua arah (*reversible*), dapat diketahui dengan melakukan perhitungan nilai entalpi (ΔH) dan harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) pada suhu operasi. Berikut dibawah ini merupakan penjabaran perhitungan baik ataupun data tiap senyawa yang digunakan dalam perhitungan entalpi pada reaksi pembentukan asam akrilat dengan

oksidasi propilena yang ditunjukkan pada tabel berikut ini (Yaws, 1999)

Tabel 2. 2 Data Entalpi Senyawa

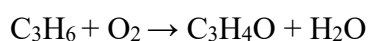
Formula	Name	MW (g/mol)	A	B	C	ΔH_f^{298} (kJ/mol)	$\Delta H^{298,15}$ (kJ/mol)
C ₃ H ₆	<i>Propylene</i>	42,081	37,334	-0,065191	2,81.10 ⁻⁵	20,42	3,73.10 ¹
C ₃ H ₈	<i>Propane</i>	44,095	-80,697	-9,05.10 ⁻²	4,21.10 ⁻⁵	-103,85	-80,697
O ₂	<i>Oxygen</i>	31,999	0	0	0	0	0
N ₂	<i>Nitrogen</i>	28,013	0	0	0	0	0
H ₂ O	<i>Water</i>	18,015	-238,41	-1,23.10 ⁻²	2,77.10 ⁻⁶	-241,8	-238,41
C ₃ H ₄ O	<i>Acrolein</i>	56,064	-66,702	-5,95.10 ⁻²	3,87.10 ⁻⁵	-81	-66,702
C ₂ H ₄ O ₂	<i>Acetic Acid</i>	60,053	-422,584	-4,84.10 ⁻²	2,33.10 ⁻⁵	-434,84	- 4,23E.10 ²
C ₃ H ₄ O ₂	<i>Acrylic Acid</i>	72,064	-325,038	-4,41.10 ⁻²	2,09.10 ⁻⁵	-336,23	-325,038
CO ₂	<i>Carbon Dioxide</i>	44,010	-393,422	1,59.10 ⁻⁴	-1,40.10 ⁻⁶	-393,5	-393,422

Maka, dapat dihitung nilai ΔH keseluruhan reaksi yang terjadi di reaktor pada kondisi standar (298 K) dan kondisi operasi pada reaktor 1 311,34C (584.5K) dan reaktor 2 255,99°C (529,14 K).

1. Entalpi Saat kondisi Standard (298 K)

- Reaktor 1

Reaksi utama :



$$\begin{aligned} \Delta H_{f298} &= \\ \Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}} + \Delta H_{f \text{ H}_2\text{O}}) - (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_6} + \\ \Delta H_{f \text{ O}_2}) \\ &= (-81,004 + (-241,80)) - (20,42 + 0) \text{ kJ/mol} \\ &= -343,22 \text{ kJ/Mol} \end{aligned}$$

Reaksi samping :

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_6 + \frac{9}{2} \text{O}_2 &\rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \\ \Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_{f \text{ CO}_2} + \Delta H_{f \text{ H}_2\text{O}}) - (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_6} + \Delta H_{f \text{ O}_2}) \\ &= (3 \cdot (-393,50) + 3 \cdot (-241,80)) - (20,42 + \frac{9}{2} \cdot 0) \\ &= -1926,32 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \Delta H \text{ Total} &= (-343,22 - 1926,32) \text{ kJ/mol} \\ &= -2269,54 \text{ kJ/mol (eksotermis)} \end{aligned}$$

- Reaktor 2

Reaksi utama

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 &\rightarrow \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \\ \Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2}) - (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}} + \Delta H_{f \text{ O}_2}) \\ &= (-336,23) - (-81,00 + \frac{1}{2} \cdot 0) \text{ kJ/mol} \\ &= -255,23 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Reaksi samping :

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \frac{3}{2} \text{O}_2 &\rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{CO}_2 \\ \Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_{f \text{ C}_2\text{H}_4\text{O}_2} + \Delta H_{f \text{ CO}_2}) - (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}} + \Delta H_{f \text{ O}_2}) \\ &= (-434,84) + (-393,50) - (-81,00 + \frac{3}{2} \cdot 0) \\ &= -747,34 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$= -492,11 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Maka } \Delta H \text{ total} = (-255,23 - 492,11)$$

$$= -747,34$$

2. Entalpi Saat Kondisi Operasi

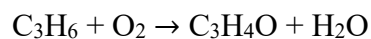
Tabel 2. 3 Data Entalpi Senyawa

Komponen	A	B	C	Hf
<i>Propylene</i>	37,334	-0,065191	2,81E-05	8,8248269
<i>Propane</i>	-66,702	-5,95E-02	4,21E-05	-8,71E+01
<i>Oxygen</i>	0	0	0	0
<i>Nitrogen</i>	0	0	0	0
<i>Water</i>	-238,41	-1,23E-02	2,77E-06	- 244,62549
<i>Acrolein</i>	-66,702	-5,95E-02	3,87E-05	- 88,239947
<i>Acetic Acid</i>	-422,584	-4,84E-02	2,33E-05	- 442,87405
<i>Acrylic Acid</i>	-325,038	-4,41E-02	2,09E-05	- 343,64074
<i>Carbon Dioxide</i>	-393,422	1,59E-04	-1,40E-06	- 393,80558

(Yaws,1999)

- Reaktor 1 (584,5)

Reaksi utama :



$$\Delta H_{f298} = \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}}$$

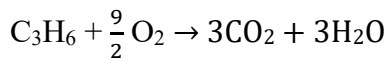
$$= (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}} + \Delta H_{f \text{ H}_2\text{O}}) - (\Delta H_{f \text{ C}_3\text{H}_6} +$$

$\Delta H_{f \text{ O}_2}$)

$$= (-88,24 + (-244,62)) - (8,82 + 0) \text{ KJ/mol}$$

$$= -341,69 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi samping :

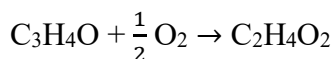


$$\begin{aligned}\Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_f \text{CO}_2 + \Delta H_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f \text{C}_3\text{H}_6 + \\ &\quad \Delta H_f \text{O}_2) \\ &= (3 \cdot (-393,81) + 3 \cdot (-244,62)) - (8,82 + 92,0) \\ &\text{kJ/mol} \\ &= -1924,12 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } \Delta H \text{ Total} &= (-341,69 - 1924,12) \text{ kJ/mol} \\ &= -2266,81 \text{ kJ/mol (eksotermis)}\end{aligned}$$

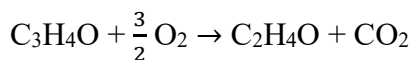
- Reaktor 2 (529,14 K)

Reaksi utama :



$$\begin{aligned}\Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_f \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) - (\Delta H_f \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \Delta H_f \text{O}_2) \\ &= (-342,49) - (-87,33 + \frac{1}{2} \cdot 0) \text{ kJ/mol} \\ &= -255,16 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi samping :



$$\begin{aligned}\Delta H_{f298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= (\Delta H_f \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \Delta H_f \text{CO}_2) - (\Delta H_f \text{C}_3\text{H}_4\text{O} + \\ &\quad \Delta H_f \text{O}_2) \\ &= (-342,49) + (-393,73) - (-87,33 + \frac{3}{2} \cdot 0) \\ &\text{kJ/mol} \\ &= -748,03 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } \Delta H \text{ Total} &= (-255,16 - 748,03) \text{ kJ/mol} \\ &= -1003,19 \text{ kJ/mol (eksotermis)}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, semua reaksi yang terjadi di dalam reaktor memiliki nilai entalpi negatif, hal ini

menandakan reaksi yang berlangsung bersifat eksotermis. Sehingga dari proses tersebut dibutuhkan pendingin seperti *cooling water*, atau zat pendingin lainnya pada reaktor untuk mempertahankan suhu operasi reaktor.

Selain itu, berikut ini data setiap senyawa yang digunakan dalam penentuan harga K diperoleh dari Yaws (1999), sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Data Energi Gibbs Senyawa saat Suhu 298 K

Senyawa	ΔG_{298} (kJ/mol)
C ₃ H ₆	62,72
C ₃ H ₈	-23.47
O ₂	0
N ₂	0
H ₂ O	-228.60
C ₃ H ₄ O	-55.98
C ₂ H ₄ O ₂	-376,69
CO ₂	-394,40

Dari persamaan Van't Hoff :

$$\frac{d \ln K}{dt} = \frac{-\Delta H}{RT}$$

Dimana :

K = Konstanta kesetimbangan

T = Suhu, °K

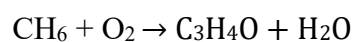
ΔH = Panas reaksi kJ/mol

Dapat dilihat bahwa jika suhu semakin tinggi maka tetapan kesetimbangannya semakin besar dan konversinya semakin besar. Berdasarkan data pada tabel 2.2, dapat dihitung nilai K keseluruhan reaksi pada reaktor, sebagai berikut jika ditinjau dari energi gibbs.

1. Nilai K saat kondisi standar (298 K)

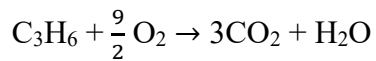
- Reaktor 1

Reaksi utama :



$$\begin{aligned}\Delta G_{f298} &= (\Delta G_f C_3H_4O + \Delta G_f H_2O) - (\Delta G_f C_3H_6 + \Delta G_f O_2) \\ &= (-55,98 + (-228,6)) - (67,72 + 0) \text{ kJ/mol} \\ &= -347,3 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi samping :



$$\begin{aligned}\Delta G_{f298} &= (\Delta G_f 3CO_2 + \Delta G_f H_2O) - (\Delta G_f C_3H_6 + \Delta G_f \frac{9}{2} O_2) \\ &= (3 \cdot (-394,40) + 3 \cdot (-228,60)) - (62,72 + 9/2 \times 0) \text{ kJ/mol} \\ &= -1931,72 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } \Delta G \text{ total} &= (-347,3 - 1.931,72) \text{ kJ/mol} \\ &= -2279,02 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Maka dapat dihitung harga konstanta kesetimbangan pada reaktor 1 dengan suhu 298 K (K₀) adalah :

$$\begin{aligned}\ln (K_0) &= \frac{\Delta G_{298}}{-RT_0} \\ &= \frac{-229.02 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kJ}}}{-8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \times 298 \text{ K}} \\ &= 919,86\end{aligned}$$

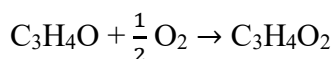
$$K_0 = e^{919,8603}$$

$$K_0 = 1.03 \times 10^{399}$$

Reaksi irreversibel karena reaktan 100% menjadi produk dimana nilai K jauh lebih dari 1

- Reaktor 2

Reaksi utama :



$$\begin{aligned}\Delta G_{f298} &= (\Delta G_f C_3H_4O_2) - (\Delta G_f C_3H_4O + \Delta G_f O_2) \\ &= (-286,06) - (-55,98 + 1/2 (0)) \text{ kJ/mol} \\ &= -230,08\end{aligned}$$

Reaksi samping :

$$\begin{aligned} \Delta G_{298} &= (\Delta G_f \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \Delta G_f \text{CO}_2) - (\Delta G_f \text{C}_3\text{H}_4\text{O} \\ &+ \Delta G_f \frac{3}{2} \text{O}_2) \\ &= (-376,69 + (-394,40)) - (-55,98 + 3 \cdot 2 \cdot (0)) \\ &= -715,11 \end{aligned}$$

kJ/mol

$$\begin{aligned} \text{Maka } \Delta G \text{ total} &= (-230,08 - 715,11) \text{ kJ/mol} \\ &= -945,19 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung harga konstanta kesetimbangan pada reaktor 2 dengan suhu 298 K (K_0) adalah :

$$\begin{aligned} \ln(K_0) &= \frac{\Delta G_{298}}{-RT_0} \\ &= \frac{-945,19 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kJ}}}{-8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \times 298 \text{ K}} \\ &= 381,498 \end{aligned}$$

$$K_0 = 4,81 \times 10^{165}$$

Reaksi irreversibel karena reaktan 100% menjadi produk dimana nilai K jauh lebih dari 1.

2. Nilai K saat kondisi operasional

Tabel 2. 5 Data Energi Gibbs Senyawa saat Kondisi Operasi

Senyawa	ΔG_{298} (kJ/mol)
C_3H_6	20,42
C_3H_8	-103,85
O_2	0
N_2	0
H_2O	-241,8
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	-81
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	-434,84
CO_2	-336,23

Adapun untuk suhu operasi nilai K dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\frac{d \ln K}{dt} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

Dimana :

K = Konstanta laju reaksi

K_0 = Konstanta laju reaksi pada suhu referensi T_0

$-\Delta H_{298}$ = Perubahan entalpi reaksi pada suhu 298 K, kJ/mol

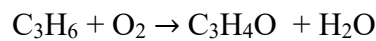
R = Konstanta gas (8,314 j/molK)

T = Suhu operasi

T_0 = Suhu referensi

- Reaktor 1 (595,57 K)

Reaksi utama :



$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{-(-343,22 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{mol}})}{\frac{8,314 \text{ J}}{\text{mol}}} \left(\frac{1}{595,57} - \frac{1}{298} \right)$$

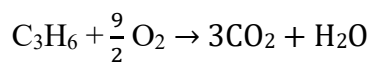
$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{343220 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}}} 0,001679 - 0,003356$$

$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = 41273,79 \times - 0,001677$$

$$K = 1,05 \times 10^{-30} \times 1,05 \times 10^{40}$$

$$K = 1,10 \times 10^{-10}$$

Reaksi samping



$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{-(-1926,32 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{mol}})}{\frac{8,314 \text{ J}}{\text{mol}}} \left(\frac{1}{595,57} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{1926320 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}}} 0,001679 - 0,003356$$

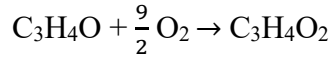
$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = 2,314 \times 10^{-13}$$

$$K = 2,314 \times 10^{-13} \times 1,05 \times 10^{40}$$

$$K = 2,54 \times 10^{27}$$

- Reaktor 2 (553,15 K)

Reaksi utama :



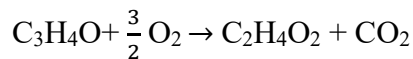
$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{-(-255,23 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{j}}{\text{mol}})}{8,314 \frac{\text{j}}{\text{mol}}} \left(\frac{1}{595,57} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{255230 \frac{\text{j}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{j}}{\text{mol}}} 0,001679 - 0,003356$$

$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = 4,43 \times 10^{-23}$$

$$K = 4,87 \times 10^{17}$$

Reaksi samping :



$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{-(-743,34 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{j}}{\text{mol}})}{8,314 \frac{\text{j}}{\text{mol}}} \left(\frac{1}{595,57} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = \frac{734340 \frac{\text{j}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{j}}{\text{mol}}} 0,001679 - 0,003356$$

$$\ln \frac{k}{1,05 \times 10^{40}} = 2,84 \times 10^{-7}$$

$$K = 3,13 \times 10^{33}$$

Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa nilai K untuk semua reaksi lebih dari 1, yang menandakan bahwa reaksi tersebut berlangsung secara *irreversible* atau searah di dalam reaktor.

b. Tinjauan Kinetika

Kinetika dalam suatu reaksi dapat dinyatakan dalam persamaan Arrhenius yang memberikan nilai dasar mengenai hubungan antara energi aktivasi dan laju reaksi dengan rumus berikut :

$$k = k_0 e^{\left(\frac{E_a}{RT}\right)}$$

Keterangan :

T = Suhu

R = Konstanta gas (1,987 kal/gmol.K)

Nilai P pada P pada P_{O_2} dapat dievaluasi menggunakan persamaan :

$$P_{PR} = y_{PR} \times P$$

$$P_{O_2} = y_{O_2} \times P$$

$$P_{AK} = y_{AK} \times P$$

Keterangan :

Y_{O_2} = Fraksi mol oksigen

Y_{PR} = Fraksi mol propilena

Y_{AK} = Fraksi mol akrolein

P = Tekanan total

Untuk mencari $-r_A$ diperoleh dari :

$$r_1 = k_1 \cdot P_{PR} \cdot P_{O_2}$$

$$r_2 = k_2 \cdot P_{PR} \cdot P_{O_2}$$

$$r_3 = k_3 \cdot P_{ak} \cdot P_{O_2}$$

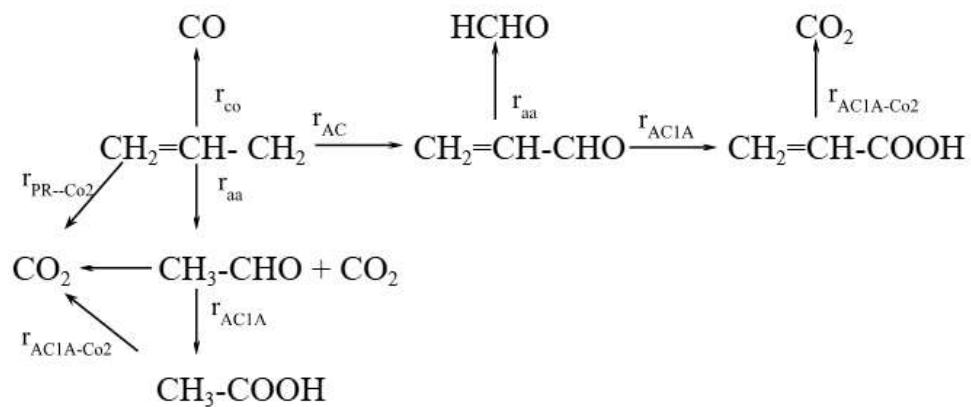
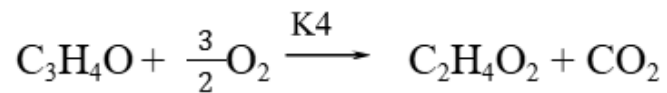
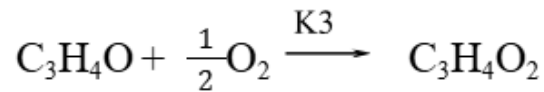
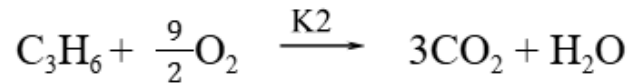
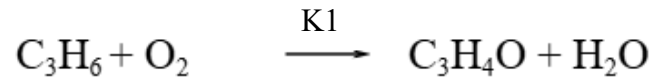
$$r_4 = k_4 \cdot P_{ak} \cdot P_{O_2}$$

$$-r_A \text{ (reaktor 1)} = r_1 + r_2$$

$$-r_A \text{ (reaktor 2)} = r_3 + r_4$$

Reaksi pembentukan asam akrilat dengan proses oksidasi propilena merupakan reaksi oksidasi katalitik dengan penggunaan katalis $Bi_2Mo_3O_{12}$ dan $MoWO_6$. Selain asam akrilat yang dihasilkan sebagai produk utama reaksi ini juga menghasilkan produk samping berupa $C_2H_4O_2$, CO_2 dan H_2O . Untuk keempat reaksi dalam proses

pembentukan asam akrilat terdapat persamaan reaksi sebagai berikut :



Tabel 2. 6 Nilai k_0 dan E_a tiap reaksi

No	K_0 (mol/kg s bar)	E_a (kJ/mol)
1	$1,60 \times 10^7$	114,0
2	0,34	38,1
3	$2,32 \times 10^3$	72,5
4	$1,47 \times 10^7$	1,4

(Redlingshofer et al., 2003)

2.3.5 Kondisi Operasi

Reaksi pembentukan asam akrilat merupakan reaksi eksotermis dengan tekanan operasi sekitar $1,76 \text{ kg/cm}^2$ gauge atau lebih tinggi dari

tekanan atmosfer. Sedangkan suhu operasi sekitar 280-330°C. Karena reaksinya merupakan fase gas dan bersifat eksotermis, maka digunakan reaktor jenis multitubular *fixed bed* reaktor yang dilengkapi dengan sistem sirkulasi larutan pendingin melalui pipa (*shell*) yang terdapat di dalam reaktor (Kirk-Othmer, 1989)

2.4 Uraian mekanisme proses produksi

2.4.1 Diagram Alir

Pembuatan asam akrilat berbahan baku propilena dengan proses oksidasi secara umum terbagi kedalam 3 tahapan proses, yaitu :

- a. Tahap Persiapan bahan Baku
- b. Tahap Oksidasi Propilen
- c. Tahap Separasi

2.4.2 Deskripsi Proses

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk yang di umpankan ke reaktor 1 terdiri dari propilen, udara dan uap air (*steam*). Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan campuran umpan reaktor 1 dengan komposisi tertentu dan kondisi fase uap pada suhu 330°C tekanan 2 atm.

1. Bahan Baku Propilen

Propilen dialirkan melalui pipa dari PT. Pertamina (ROPP) RU VI dengan kondisi gas tekanan 11 atm dan suhu 46,7°C. Propilen dialirkan ke *Expander* (EX-01) dengan tujuan menurunkan tekanan propilen menjadi 2 atm. Keluar dari *Expander*, propilen dipanaskan kedalam *Furnace* (F-01) hingga mencapai suhu 300°C dan dilanjutkan menuju *Three Way Valve* – 02 sehingga bercampur dengan udara dan *steam*. Bahan baku propilena kemudian memasuki reaktor pertama untuk dikonversi menjadi akrolein (R-01) dan kemudian dilanjutkan ke reaktor kedua (R-02) dimana pada proses transportasinya dibantu dengan menggunakan *Blower* (BLW-01).

2. Bahan Baku Udara

Udara yang digunakan adalah udara bebas, kering, dan mempunyai temprature ruang dengan tekanan 1 atm absolut, udara dikompresi hingga tekanan 1,4 atm dengan kompresor Sentrifugal (C-01). Proses kompresi berjalan secara adiabatik, sehingga suhu udara pada saat keluar kompresor naik menjadi 70.67°C . Untuk memenuhi syarat umpan masuk Reaktor 1, udara di panaskan dengan *Furnace* (F-01) hingga mencapai suhu 300°C .

3. Bahan baku *steam*

Steam yang digunakan merupakan uap air *saturated*, dalam proses oksidasi *steam* uap air ini berguna sebagai *diluent* (zat yang ditambahkan untuk mengurangi konsentrasi campuran reaktan atau produk tanpa ikut bereaksi) bagi campuran udara-propilen. Karena sifat propilen dan udara yang bersifat eksplosif dan mudah terbakar. Maka diperlukan *steam* uap air sebagai *diluent*. Penyediaan uap air dilakukan oleh unit utilitas dengan kondisi uap air suhunya sekitar 330°C dan tekanan 2 atm. Pencampuran dilakukan dengan mencampurkan udara dengan *steam* uap air terlebih dahulu, kemudian propilen dicampurkan.

b. Reaksi Oksidasi Propilena

Proses oksidasi propilen dirancang untuk mengubah propilen dan udara menjadi asam akrilat beserta beberapa produk samping. Reaksi ini terjadi dalam fase gas dengan kondisi operasi yang berbeda di dua reaktor. Pada reaktor pertama (R-01), reaksi berlangsung pada suhu $311,34^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1,75 atm, kemudian dilanjutkan di reaktor kedua (R-02) dengan suhu $255,98^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1,58 atm. Mekanisme reaksi tersebut dapat diamati pada persamaan reaksi (2.1) dan (2.2).

Produksi asam akrilat melalui oksidasi propilen dilakukan dalam dua tahap reaksi oksidasi berurutan. Proses ini menggunakan reaktor multitubular *fixed-bed* sebagai tempat berlangsungnya

reaksi. Karena sifat reaksi yang eksotermik (melepaskan panas), sistem pendingin diperlukan dengan menggunakan *thermal fluid* berupa molten salt (komposisi: 53% KNO_3 , 40% NaNO_2 , dan 7% NaNO_3). Molten salt bersirkulasi melalui *shell* reaktor, sementara campuran gas reaktan dialirkan melalui tube-tube reaktor yang berisi katalis oksida logam seperti Mo-Bi-V .

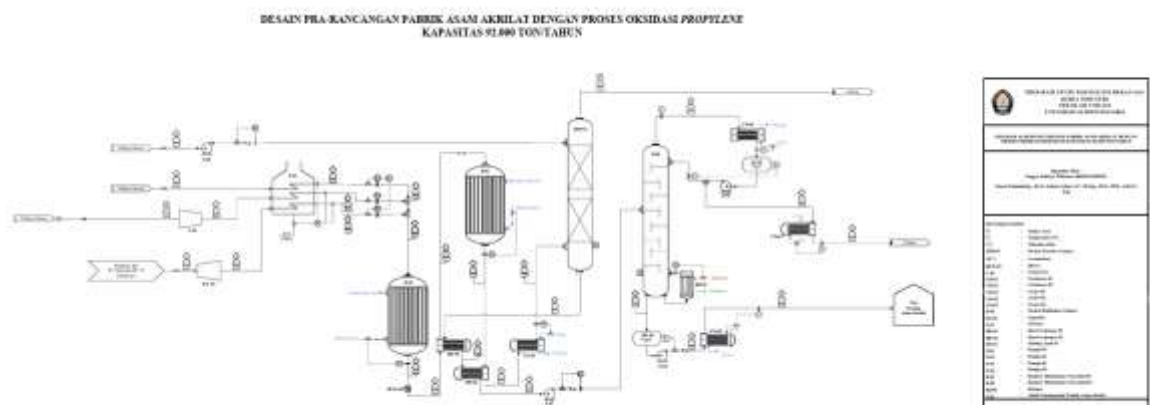
Reaktor dirancang untuk beroperasi secara isothermal non-adiabatik, di mana suhu dijaga konstan di seluruh bagian reaktor dengan tetap memungkinkan pertukaran panas dengan lingkungan. Pada praktiknya, reaktor pertama (R-01) dioperasikan pada suhu keluaran 325°C , sedangkan reaktor kedua (R-02) pada suhu 280°C . Selain menghasilkan produk utama asam akrilat, proses ini juga memproduksi beberapa produk samping seperti CO_2 , H_2O , dan asam asetat yang terbentuk melalui reaksi oksidasi berlebih dan jalur reaksi paralel. Untuk memaksimalkan *yield* asam akrilat yang biasanya mencapai 80-90% dalam proses industri modern, kontrol operasi yang ketat terhadap parameter seperti suhu, tekanan, dan komposisi umpan mutlak diperlukan sepanjang proses berlangsung.

c. Tahap Separasi

Produk keluaran reaktor yang masih berupa fase gas kemudian didinginkan melalui bantuan serangkaian alat penukar panas Aliran gas tersebut pertama-tama melewati *heat exchanger 2* (HE-02) dan *cooler 1* (CO-01) untuk menurunkan suhunya secara bertahap hingga mencapai 65°C sebelum masuk ke dalam *absorber* (ABS-01). Dalam unit *absorber* ini, terjadi proses pemisahan antara produk yang diinginkan dengan gas-gas inert seperti CO_2 , N_2 , O_2 , dan sisa propana (C_3H_8) yang tidak bereaksi. Proses absorpsi ini menggunakan air sebagai pelarut (*solvent*) untuk mengembunkan produk utama dari fase gas menjadi fase cair. Hasil bawah *absorber* berupa campuran asam akrilat, asam asetat, dan air keluar pada suhu 40°C dengan tekanan 1,28 atm, sedangkan gas buang (*exhaust gas*)

keluar melalui bagian atas *absorber* pada suhu 58,1°C. Campuran berfase cair yang diperoleh kemudian dipanaskan kembali melalui *heat exchanger* 1 dan 2 (HE-01 dan HE-02) untuk mencapai kondisi cair jenuh sebelum memasuki kolom distilasi (D-01). Kolom distilasi ini beroperasi pada kondisi vakum dengan tekanan yang bervariasi sepanjang kolom - tekanan di puncak kolom dijaga pada 175 mmHg (0,23 atm) sedangkan di dasar kolom sebesar 300 mmHg. Dalam kolom distilasi ini terjadi pemurnian produk untuk memisahkan asam akrilat dari pengotor utamanya yaitu air dan asam asetat. Proses ini menghasilkan produk akhir asam akrilat dengan kemurnian tinggi mencapai 99,5%, dengan komposisi pengotor hanya 0,2% air dan 0,3% asam asetat.

2.5 Diagram Blok



Gambar 2. 1 Diagram Blok

2.6 Neraca Massa

2.6.1 Rangkuman Neraca Massa

1. Neraca Massa di Sekitar *Three Way Valve* (V-01)

Tabel 2. 5 Neraca Massa di Sekitar TWV (V-02)

Komponen	Masuk		Keluar
	F ₁ (kg/jam)	F ₂ (kg/jam)	F ₃ (kg/jam)

	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi
C ₃ H ₆	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₃ H ₈	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂	21228,28	0,233	0,000	0,000	21228,28	0,168
N ₂	69902,58	0,767	0,000	0,000	69902,58	0,553
H ₂ O	0,000	0,000	35380,47	1,000	35380,47	0,280
C ₃ H ₄ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₂ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₃ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	91130,87	1,000	35380,47	1,000	126511,34	1,000
			126511,34		126511,34	

2. Neraca Massa di Sekitar *Three Way Valve* (V-02)

Tabel 2. 7 Neraca Massa di Sekitar TWV (V-02)

Komponen	Masuk				Keluar	
	F ₃ (kg/jam)		F ₄ (kg/jam)		F ₅ (kg/jam)	
	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi
C ₃ H ₆	0,000	0,000	8845,12	0,994	8845,12	0,065
C ₃ H ₈	0,000	0,000	53,39	0,006	53,39	0,000
O ₂	21228,28	0,168	0,000	0,000	21228,28	0,157
N ₂	69902,58	0,553	0,000	0,000	69902,58	0,516
H ₂ O	35380,47	0,280	0,000	0,000	35380,47	0,261
C ₃ H ₄ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₂ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	126511,34	1,000	8898,51	1,000	135409,84	1,000
			135409,84		135409,84	

3. Neraca Massa di Sekitar Reaktor *Fix-Bed Multitube* (R-01)

Tabel 2.8 Neraca Massa di Sekitar *Fix Bed Multitube* (R-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	F ₅ (kg/jam)	F ₆ (kg/jam)

	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi
C ₃ H ₆	8845,12	0,065	92,79	0,001
C ₃ H ₈	53,39	0,000	53,39	0,000
O ₂	21228,28	0,157	12407,45	0,092
N ₂	69902,58	0,516	69902,58	0,516
H ₂ O	35380,47	0,261	39824,16	0,294
C ₃ H ₄ O	0,000	0,000	10577,78	0,078
C ₂ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₃ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,000	0,000
CO ₂	0,000	0,000	2551,67	0,019
Total	135409,84	1,000	135409,84	1,000
	135409,84		135409,84	

4. Neraca Massa di Sekitar Reaktor *Fix-Bed Multitube* (R-02)

Tabel 2.9 Neraca Massa di Sekitar *Fix Bed Multitube* (R-02)

Komponen	Masuk		Keluar	
	F ₆ (kg/jam)		F ₇ (kg/jam)	
	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi
C ₃ H ₆	92,79	0,001	92,79	0,001
C ₃ H ₈	53,39	0,000	53,39	0,000
O ₂	12407,45	0,092	8803,40	0,065
N ₂	69902,58	0,516	69902,58	0,516
H ₂ O	39824,16	0,294	39824,16	0,294
C ₃ H ₄ O	10577,78	0,078	146,49	0,001
C ₂ H ₄ O ₂	0,000	0,000	1176,57	0,009
C ₃ H ₄ O ₂	0,000	0,000	11996,52	0,089
CO ₂	2551,67	0,019	3413,91	0,025
Total	135409,83	1,000	135409,83	1,000
	135409,83		135409,83	

5. Neraca Massa di Sekitar *Absorber* (AB-01)

Tabel 2.10 Neraca Massa di Sekitar *Absorber* (AB-01)

Komponen	Masuk				Keluar			
	F ₇ (kg/jam)		F ₈ (kg/jam)		F ₉ (kg/jam)		F ₁₀ (kg/jam)	
	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi
C ₃ H ₆	92,79	0,001	0,000	0,000	92,79	0,001	0,000	0,000
C ₃ H ₈	53,39	0,000	0,000	0,000	53,39	0,001	0,000	0,000
O ₂	8803,40	0,065	0,000	0,000	8803,40	0,094	0,000	0,000
N ₂	69902,58	0,516	0,000	0,000	69902,58	0,747	0,000	0,000
H ₂ O	39824,16	0,294	33434,54	1,000	10988,81	0,117	62269,90	0,827
C ₃ H ₄ O	146,49	0,001	0,000	0,000	146,49	0,002	0,000	0,000
C ₂ H ₄ O ₂	1176,57	0,009	0,000	0,000	11,77	0,000	1164,80	0,015
C ₃ H ₄ O ₂	11996,52	0,089	0,000	0,000	119,97	0,001	11876,56	0,158
CO ₂	3413,91	0,025	0,000	0,000	3413,91	0,036	0,000	0,000
Total	135409,82	1,000	33434,54	1,000	93533,10	1,000	75311,26	1,00
	168844,36				168844,36			

6. Neraca Massa di Sekitar Kolom Destilasi (D-01)

Tabel 2.11 Neraca Massa di Sekitar Kolom Destilasi (D-01)

Komponen	Masuk		Keluar			
	F ₁₀ (kg/jam)		F ₁₁ (kg/jam)		F ₁₂ (kg/jam)	
	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi	Flowrate	Fraksi
C ₃ H ₆	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₃ H ₈	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ O	62269,90	0,827	62246,66	0,977	23,23	0,002
C ₃ H ₄ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₂ H ₄ O ₂	1164,80	0,015	1129,96	0,018	34,85	0,003
C ₃ H ₄ O ₂	11876,56	0,158	318,48	0,005	11558,08	0,995
CO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	75311,26	1,00	63695,10	1,00	11616,16	1,000

75311,26

75311,26

7. Neraca Massa Total

Tabel 2.12 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk				Keluar		
	F1	F2	F4	F8	F9	F11	F12
	(kg/jam)				(kg/jam)		
C ₃ H ₆	0,000	0,000	8845,12	0,00	92,79	0,000	0,000
C ₃ H ₈	0,000	0,000	53,39	0,00	53,39	0,000	0,000
O ₂	21228,28	0,000	0,00	0,00	8803,40	0,000	0,000
N ₂	69902,58	0,000	0,00	0,00	69902,58	0,000	0,000
H ₂ O	0,000	35380,47	0,00	33434,54	10988,81	62269,90	23,23
C ₃ H ₄ O	0,000	0,000	0,00	0,00	146,49	0,000	0,000
C ₂ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,00	0,00	11,77	1129,96	34,85
C ₃ H ₄ O ₂	0,000	0,000	0,00	0,00	119,97	318,48	11558,08
CO ₂	0,000	0,000	0,00	0,00	3413,91	0,000	0,000
Total	91130,87	35380,47	8898,51	33434,54	93533,10	63695,10	11616,16
	168844,4				168844,4		

2.6.2 Rangkuman Neraca Panas

1. Neraca Energi di Sekitar Kompresor (C-01)

Tabel 2.13 Neraca Energi di Sekitar Kompresor

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₃	460563,2377	
H ₄		4214494,4988
W _s	3753931,2615	
H Total	4214494,50	4214494,50

2. Neraca Energi di Sekitar Ekspander (EX-01)

Tabel 2.14 Neraca Energi di Sekitar Ekspander

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₇	305337,2955	

H ₈		49093,9277
W _s		256243,3676
H Total	305337,30	305337,30

3. Neraca Energi di Sekitar *Furnace* (F-01)

Tabel 2.15 Neraca Energi di Sekitar *Furnace*

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁	6196073,8703	
H ₂		20853648,1973
H ₄	4214494,4988	
H ₅		27178852,0573
H ₈	49093,92768	
H ₉		5322786,719
H Pemanas	43137569,53	
H Total	53597231,82	53597231,82

4. Neraca Energi di Sekitar *Three Way Valve* (V-01)

Tabel 2.16 Neraca Energi di Sekitar TWV (V-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₂	20853648,1973	
H ₅	27178852,0573	
H ₆		48032500,2538
H Total	48032500,25	48032500,25

5. Neraca Energi di Sekitar *Three Way Valve* (V-02)

Tabel 2.17 Neraca Energi di Sekitar TWV (V-02)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₆	48032500,2538	
H ₉	5564731,5695	
H ₁₀		53597231,8233

H Total	53597231,82	53597231,82
----------------	--------------------	--------------------

6. Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-01)

Tabel 2.18 Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₀	53597231,8233	
H ₁₁		54004418,6125
H Reaksi	98756266,0654	
H Pendingin		98349079,2762
H Total	152353497,89	152353497,88

7. Neraca Energi di Sekitar *Blower* (BW-01)

Tabel 2.19 Neraca Energi di Sekitar *Blower* (BW-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₁	54004418,6125	
H ₁₂		54627353,2211
H <i>Blower</i>	622934,6086	
H Total	54627353,22	54627353,22

8. Neraca Energi di Sekitar *Heat Exchanger* (HE-01)

Tabel 2.20 Neraca Energi di Sekitar *Heat Exchanger* (HE-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₂	54627353,2211	
H ₁₃		45948231,9610
H Pendingin		8679121,26004162
H Total	54627353,22	54627353,22

9. Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-02)

Tabel 2.21 Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-02)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₃	45948231,9610	

H ₁₄		45911220,5799
H Reaksi	55321486,4306	
H Pendingin		55358497,8117
H Total	101269718,39	101269718,38

10. Neraca Energi di Sekitar *Heat Exchanger* (HE-02)

Tabel 2.22 Neraca Energi di Sekitar *Heat Exchanger* (HE-02)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₄	45911220,5799	
H ₁₅		31899435,6895
H Pendingin		13402576,8517311
H Total	43915080,55	43915080,55

11. Neraca Energi di Sekitar *Cooler* (CO-01)

Tabel 2.23 Neraca Energi di Sekitar *Cooler* (CO-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₅	31899435,6895	
H ₁₆		7828297,3234
H Pendingin		24071138,3661
H Total	31899435,6895	31899435,6895

12. Neraca Energi di Sekitar *Absorber* (AB-01)

Tabel 2.24 Neraca Energi di Sekitar *Absorber* (AB-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₁₆	7828297,3234	
H ₁₇	7	4210059,9412
H ₁₈	700587,5703	
H ₁₉		4318824,9525
H Total	8528884,89	8528884,89

13. Neraca Energi di Sekitar Kolom Distilasi (D-01)

Tabel 2.25 Neraca Energi di Sekitar Kolom Destilasi (D-01)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H _F	27009731,1029	
H _R		4093219,4753
H _D		10312392,50
H _{kondensor}		125907245,7360
H _{Reboiler}	113303126,6116	
H Total	140312857,71	140312857,71

14. Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-02)

Tabel 2.26 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-02)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₂₅	4093219,4753	
H ₂₆		610931,3333
H Pendingin		3482288,1420
H Total	4093219,4753	4093219,4753

15. Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-03)

Tabel 2.27 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-03)

Komponen	H Masuk (kJ/Jam)	H Keluar (kJ/Jam)
H ₂₂	10312392,5033	
H ₂₃		6584453,8956
H Pendingin		3727938,6077
H Total	10312392,50	10312392,50

16. Neraca Energi Overall

Tabel 2.28 Neraca Energi Overall

Alat	Komponen	Input	Output
Kompresor	H3	460563,2377	
	Ws	3753931,2615	
Expander	H7	305337,2955	
	Ws		256243,3676
Furnace	H1	6196073,8703	
	Q Pemanas	43137569,53	
Reaktor 01	Q Reaksi	98756266,0654	
	Q Pendingin		98349079,2762
Blower	Q Blower	622934,6086	
Reaktor 02	Q Reaksi	55321486,4306	
	Q Pendingin		55358497,8117
Cooler 01	Q Pendingin		24071138,3661
Absorber	H17		4210059,9412
	H18	700587,5703	
Destilasi	Condenser		125907245,7360
	Reboiler	113303126,6116	
Cooler 02	H26		610931,3333
	Q Pendingin		3482288,1420
Cooler 03	H23		6584453,8956
	Q Pendingin		3727938,6077
H Total		309129331,445	308533620,979

2.7 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan

2.7.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik bertujuan untuk mengelola bagian – bagian dari perusahaan dan pabrik yang meliputi daerah proses dan utilitas, area

penyimpanan, perkantoran, area perluasan pabrik dan bangunan – bangunan serta ruang pendukung lainnya.

Tata letak pabrik harus dengan baik dalam upaya untuk memperlancar operasi pabrik dan meningkatkan efisiensi penggunaan lahan untuk pabrik. Selain itu, dalam mendesain tata letak pabrik harus mempertimbangkan beberapa aspek lain seperti keamanan, keselamatan, dan ruang terbuka. Sehingga rasa nyaman dan aman saat bekerja dapat meningkat.

Berikut ini adalah hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

1. Area pengembangan pabrik

Dalam mendesain tata letak pabrik harus melakukan pertimbangan luas area, pengembangan pabrik untuk di masa yang akan datang.

Area pengembangan pabrik dipersiapkan untuk digunakan apabila terjadi penambahan alat proses, peningkatan kapasitas produksi pabrik maupun pengembangan produk turunan lainnya.

2. Antisipasi akan bahaya yang dapat muncul

Dalam melakukan perancangan tata letak pabrik harus melakukan antisipasi terhadap bahaya yang dapat mungkin terjadi selama proses produksi di pabrik seperti kebakaran, ledakan, asap, api maupun gas beracun dan lainnya. Untuk itu, diperlukan pengadaan unit pemadam kebakaran yang berada di sekitar lokasi pabrik. Selain itu, diperlukan pertimbangan letak area pabrik yang di letakkan di daerah yang terpisah dengan area perkantoran dan bangunan penunjang lainnya. Untuk unit atau peralatan yang memiliki potensi bahaya meledak perlu diperhatikan tata letak secara khusus.

3. Luas dan harga jual lahan

Pemilihan lahan harus mempertimbangkan kebutuhan ruang untuk fasilitas produksi, gudang, kantor, dan area pendukung lainnya. Luas lahan harus memadai untuk operasi saat ini dan memiliki cadangan untuk ekspansi di masa depan. Selain itu, harga jual lahan harus sesuai dengan

anggaran perusahaan, dengan mempertimbangkan lokasi strategis (dekat dengan pemasok, pasar, atau jalur distribusi).

Faktor lain seperti kondisi tanah, topografi, dan peraturan zonasi juga perlu dianalisis untuk memastikan lahan layak digunakan tanpa memerlukan biaya tambahan yang besar.

4. Instalasi dan Utilitas

Utilitas merupakan pendukung vital operasional pabrik, sehingga penempatannya harus strategis hal ini bertujuan agar memudahkan tercapainya kelancaran proses dan *maintenance*.

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

1. Daerah administrasi, perkantoran, poliklinik, perpustakaan dan ruang control. Merupakan pusat kegiatan administrasi dan perkantoran pabrik. Poliklinik sebagai pusat pemberian fasilitas kesehatan dan pertolongan pertama apabila terjadi kecelakaan kerja. Perpustakaan sebagai pusat pengetahuan dan informasi pabrik. Ruang *control* sebagai pusat pengendali proses

2. Daerah proses

Daerah proses merupakan tempat alat — alat proses diletakkan dan tempat berlangsungnya proses.

3. Daerah pergudangan, bengkel, dan garasi

Gudang peralatan, bengkel, garasi, gudang penampungan produk dan tempat berdirinya tangki-tangki bahan baku.

4. Daerah utilitas, pengolahan limbah, *fire station* dan laboratorium.

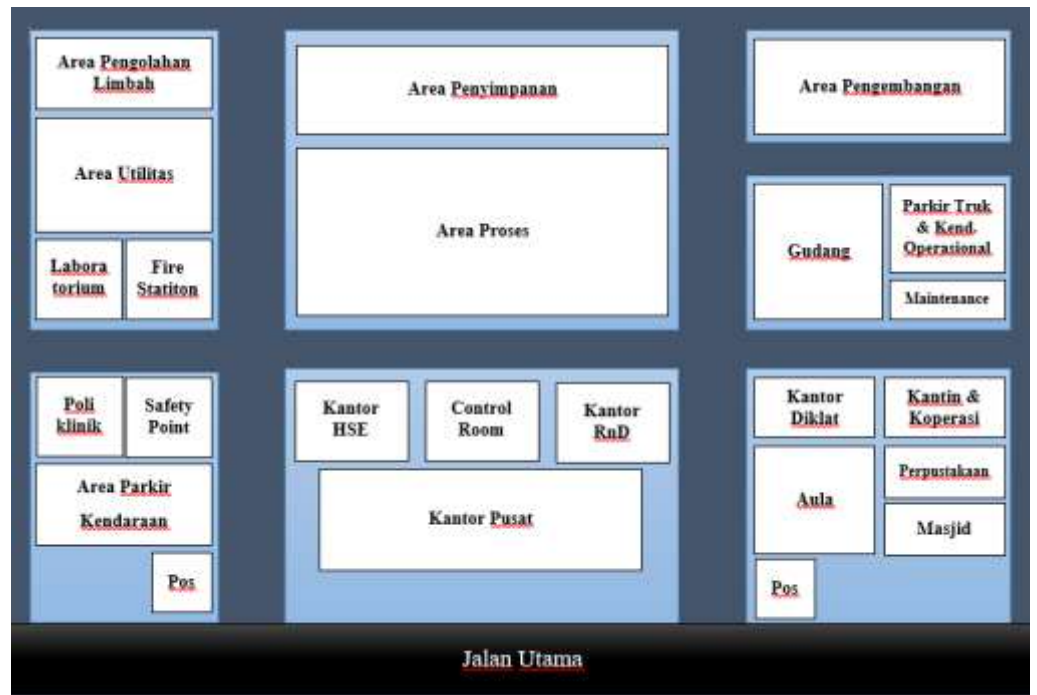
Unit utilitasi untuk sarana pendukung proses seperti: penyediaan air, penyediaan *steam*, pembangkit tenaga listrik dan unit pengolahan limbah. *Fire station* sebagai unit antisipasi bahaya. Laboratorium sebagai pusat penelitian dan pengontrolan kualitas bahan baku maupun produk.

Untuk pabrik asam akrilat ini, daftar bangunan beserta luasnya dapat dilihat dari Tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.28 Rincian Luas Bnagunan Pabrik

Area	Luas (m ³)
Poli Klinik	500
Control Room	500
Kantor <i>Research and Development</i>	400
Kantor Diklat	400
Kantor <i>Health Safety Environment</i>	400
Perpustakaan	200
Laboratorium	500
Fire Station	100
Gudang	250
Maintanance	100
Pos Keamanan	100
Unit Utilitas	1500
Unit Proses	6500
Unit <i>Waste Management</i>	1500
<i>Storage</i>	1500
Area Pengembangan	1000
<i>Safety Point</i>	100
Area Parkir Kendaraan Operasional	300
Area Parkir Kendaraan Umum	400
Taman	500
<i>Green Area</i>	500
Jalan	2000
Kantor Pusat	800
Aula	500
Masjid	300
Kantin & Koperasi	250
Total	21.100

Pada pra rancangan pabrik asam akrilat ini, tata letak ruang pabrik dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini



Gambar 2. 2 Tata Letak Pabrik

2.7.2 Tata Letak Peralatan Proses

Tata letak peralatan proses merupakan letak alat-alat proses produksi tata letak alat proses harus didesain sedemikian rupa bertujuan :

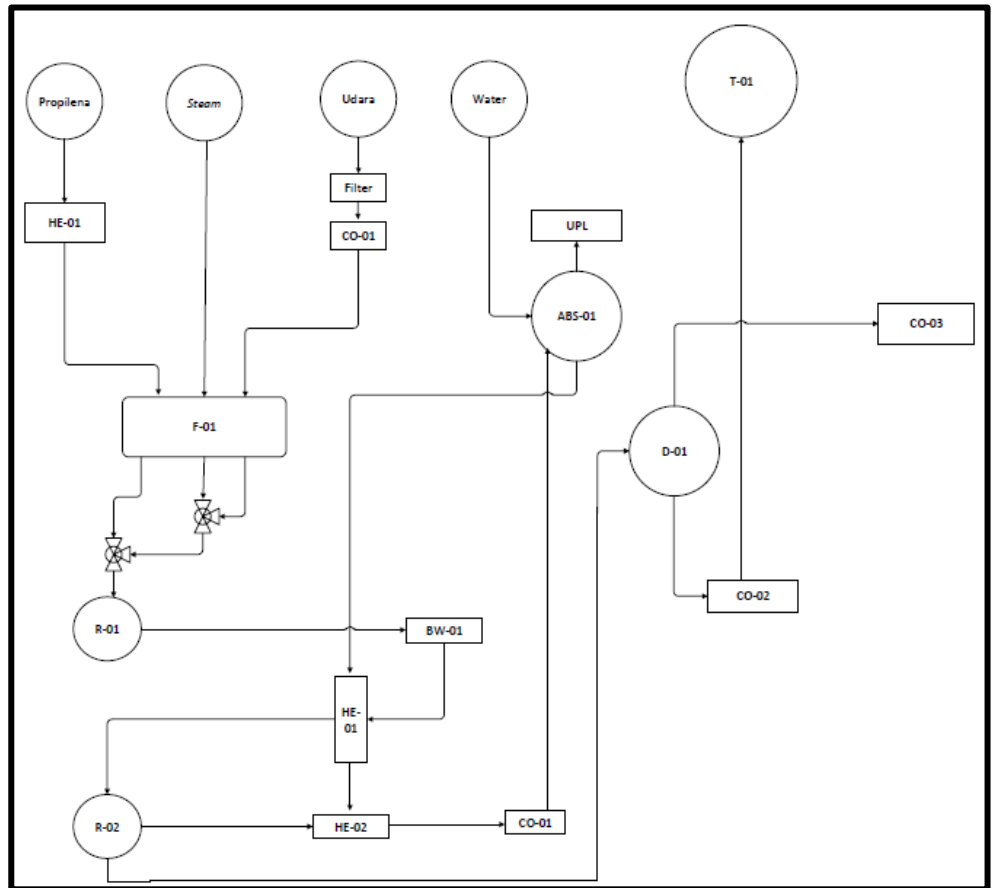
- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Penggunaan luas lahan menjadi efektif
- c. Biaya *Material Handling* menjadi rendah
- d. Mengurangi pengeluaran biaya untuk *Capital investment*

Dalam menentukan tata letak peralatan proses pada pabrik asam akrilat ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Aliran Bahan Baku Produk
2. Jalur pemipaan dari bahan baku hingga produk harus didesain dengan tepat sehingga dapat memudahkan tercapainya keamanan dan kelancaran proses serta memberikan keuntungan ekonomis.
3. Sistem Penerangan

4. Pencahayaan seluruh pabrik harus memadai terutama untuk proses yang tingkat memiliki daya dan resiko tinggi.
5. Lalu lintas manusia dan barang
6. Dalam desain tata letak peralatan proses perlu diperhatikan untuk lalu lintas bekerja sehingga dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan dan waktu serta meningkatkan keamanan pekerja.
7. Pertimbangan ekonomi
8. Dalam desain tata letak alat-alat proses perlu dioptimalkan sehingga dapat memberikan keuntungan produksi.
9. Jarak antar alat proses

Penataan alat proses dengan jarak yang lebih jauh untuk alat proses terutama peralatan proses dengan kondisi tekanan dan temperatur tinggi terhadap peralatan lainnya harus diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan tingkat keamanan dan pencegahan terhadap timbulnya bahaya saat proses produksi. Pra rancang pabrik asam akrilat ini tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut :



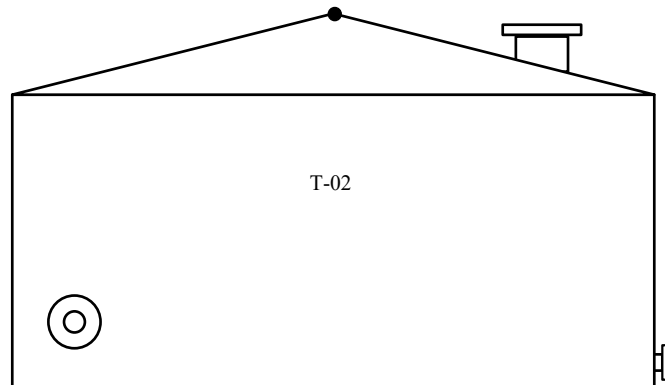
Gambar 2. 3 Tata Letak Peralatan Proses

BAB III

SPESIFIKASI ALAT

3.1 Unit Penyimpanan

a. Tangki Bulanan (T-02)



Gambar 3.1 Desain tangki penyimpanan produk asam akrilat

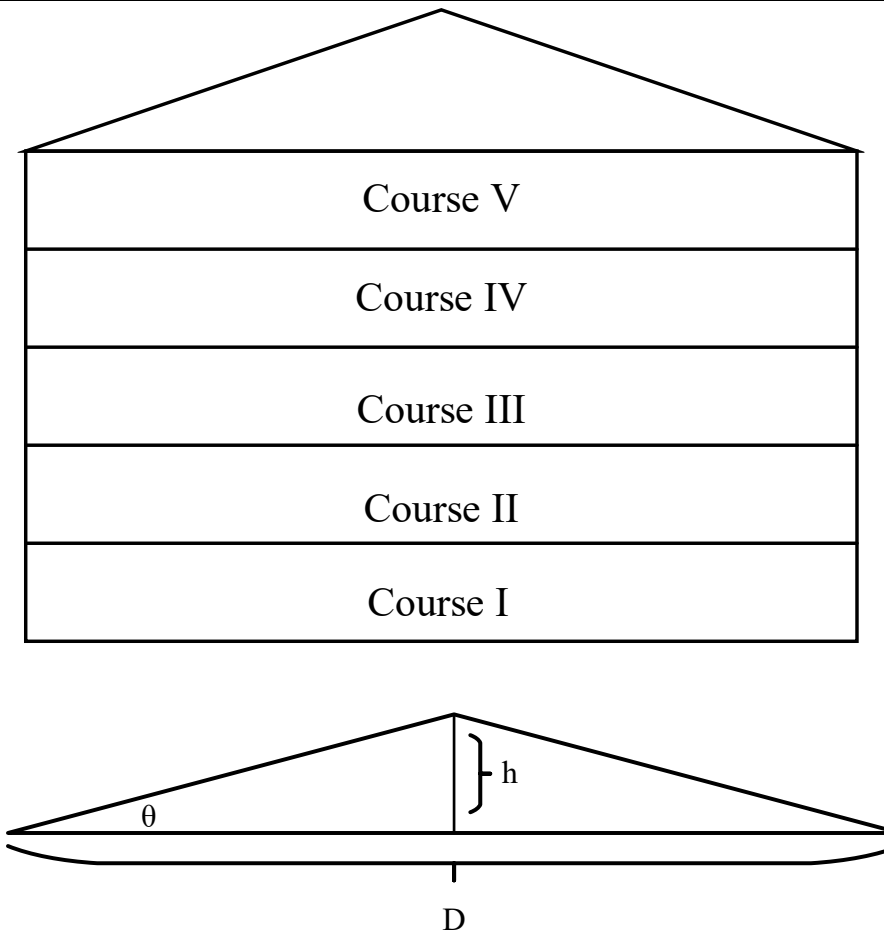
Tangki penyimpanan produk merupakan alat yang digunakan dalam Perancangan Pabrik Asam Akrilat dengan kapasitas penyimpanan 55925,8 bbl. Tangki ini dirancang dengan *type* silinder vertikal, alas datar (*flat bottom*) untuk menampung bahan baku selama 30 hari. Tangki ini dilengkapi dengan atap kerucut (*cone roof*) untuk mencegah akumulasi tekanan uap, *manhole* untuk keperluan inspeksi dan pembersihan berkala, serta saluran ventilasi guna menjaga kestabilan tekanan internal. Desain SA - *Grade B* ini memastikan bahwa asam akrilat dapat disimpan secara aman tanpa risiko kontaminasi eksternal maupun degradasi kualitas produk.

Tujuan :

1. Menentukan tipe tangki
2. Menentukan bahan konstruksi tangki
3. Menghitung dimensi tangki
 - Kapasitas tangki
 - Diameter dan tinggi tangki
 - Tebal dinding tangki
 - Tebal dan tinggi head tangki

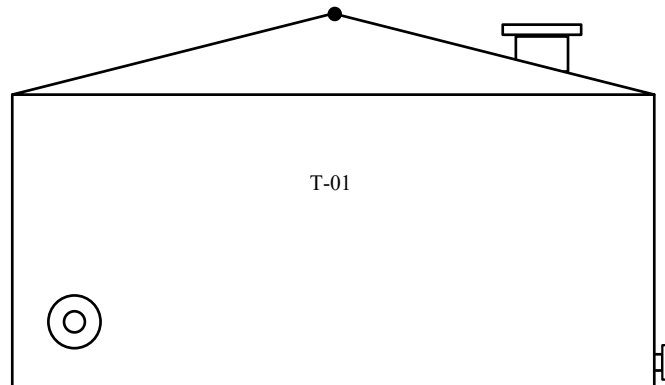
Berikut hasil perhitungan spesifikasi tangki penyimpanan asam akrilat dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Ringkasan desain tangki penyimpanan produk asam akrilat

	
Kode Alat	T-02
Fungsi	Menampung produk asam akrilat selama 1 bulan
Kondisi	<i>Temperature</i> = 50°C Tekanan = 1 atm Wujud = cair
Tipe	<i>Silinder vertical dengan flat bottom dan head conical roof</i>
Jumlah	1 buah
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-212 Grade B</i>
Dimensi	Diameter (Dt) = 100 ft Tinggi tangki (H) = 40 ft

	Tinggi <i>Course</i> (Cr) = 8 ft Jumlah <i>Course</i> = 5 buah
<i>Course 1</i>	Panjang <i>plate</i> = 2,095 ft Lebar <i>plate</i> = 40 ft Tebal <i>shell</i> = 0,0475 ft Jumlah <i>plate</i> = 10 buah
<i>Course 2</i>	Panjang <i>plate</i> = 2,094 ft Lebar <i>plate</i> = 32 ft Tebal <i>shell</i> = 0,03833 ft Jumlah <i>plate</i> = 10 buah
<i>Course 3</i>	Panjang <i>plate</i> = 2,094 ft Lebar <i>plate</i> = 24 ft Tebal <i>shell</i> = 0,02833 ft Jumlah <i>plate</i> = 10 buah
<i>Course 4</i>	Panjang <i>plate</i> = 2,093 ft Lebar <i>plate</i> = 16 ft Tebal <i>shell</i> = 0,02083 ft Jumlah <i>plate</i> = 10 buah
<i>Course 5</i>	Panjang <i>plate</i> = 2,093 ft Lebar <i>plate</i> = 8 ft Tebal <i>shell</i> = 0,02083 ft Jumlah <i>plate</i> = 10 buah
Tinggi <i>Head</i>	15,4799 ft
Tebal <i>Head</i>	0,05 ft
Tinggi Total	55,479 ft

b. Tangki Harian (T-01)



Gambar 3.2 Desain tangki penyimpanan produk asam akrilat

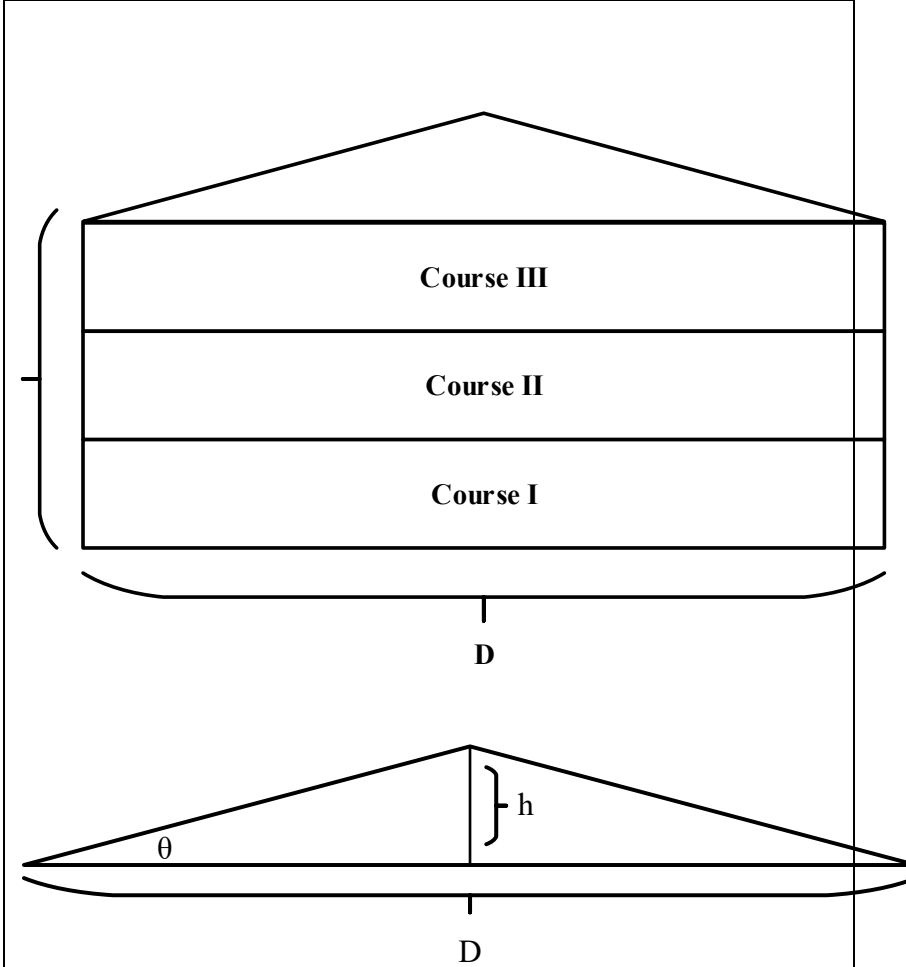
Tangki penyimpanan harian asam akrilat dirancang silinder vertikal dengan alas datar (*flat bottom*) untuk stabilitas dan membantu mendistribusikan tekanan secara merata. Material penyusun tangki adalah *Carbon Steel SA-212 Grade B*, badan tangki didesain dengan menggunakan beberapa course, dengan kapasitas 2.100 bbl. Tangki ini dilengkapi dengan sistem pemanasan untuk menjaga viskositas asam akrilat, menjadikannya solusi penyimpanan yang komprehensif dan aman untuk kebutuhan operasional harian.

Tujuan :

1. Menentukan tipe tangki
2. Menentukan bahan konstruksi tangki
3. Menghitung dimensi tangki
 - Kapasitas tangki
 - Diameter dan tinggi tangki
 - Tebal dinding tangki
 - Tebal dan tinggi head tangki

Berikut hasil perhitungan spesifikasi tangki penyimpanan asam akrilat dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat

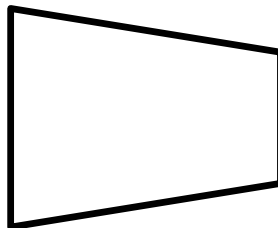


Kode Alat	T-01
Fungsi	Menampung produk asam akrilat selama 1 hari
Kondisi	Temperature = 50°C Tekanan = 1 atm Wujud = cair
Tipe	<i>Silinder vertical dengan flat bottom dan head conical roof</i>
Jumlah	1 buah
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-212 Grade B</i>
Dimensi	Diameter (Dt) = 25 ft

	Tinggi tangki (H) = 24 ft Tinggi <i>Course</i> (Cr) = 8 ft Jumlah <i>Course</i> = 3 buah
<i>Course 1</i>	Panjang <i>plate</i> = 15,69 ft Lebar <i>plate</i> = 8 ft Tebal <i>shell</i> = 0,02 ft Jumlah <i>plate</i> = 5 buah
<i>Course 2</i>	Panjang <i>plate</i> = 15,69 ft Lebar <i>plate</i> = 8 ft Tebal <i>shell</i> = 0,02 ft Jumlah <i>plate</i> = 5 buah
<i>Course 3</i>	Panjang <i>plate</i> = 12,69 ft Lebar <i>plate</i> = 8 ft Tebal <i>shell</i> = 0,02 ft Jumlah <i>plate</i> = 5 buah
Tinggi <i>Head</i>	5,286 ft
Tebal <i>Head</i>	0,01168 ft
Tinggi Total	27,286 ft

3.2 Unit Transportasi

c. Compresor (C-01)



C-01

Gambar 3.3 Desain Compresor (C-01)

Kompresor C-01 adalah alat yang digunakan untuk mengalirkan udara ke *furnace* (F-01) dengan cara menaikkan tekanan udara terlebih dahulu sehingga proses pembakaran di dalam *furnace* dapat berlangsung secara efisien dan aman. Alat ini termasuk kompresor tipe sentrifugal (*single stage*) yang mampu mengalirkan udara sebanyak 75.127,91 m³/jam. *Blower* C-01 berperan penting dalam menjaga proses di *furnace* tetap stabil dan aman.

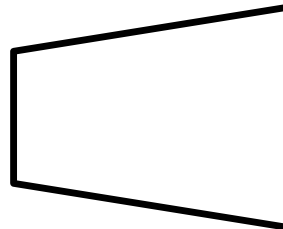
Tujuan :

Berikut hasil perhitungan spesifikasi kompresor dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Perhitungan Spesifikasi Kompresor (C-01)

Fungsi	Mengalirkan udara ke <i>furnace</i> (F-01)
Jenis	Sentrifugal <i>Single Stage</i>
Kapasitas	75127.91 m ³ /jam
Efisiensi	75 %
Power	17,87 HP
Jumlah	1 Buah

d. *Expander* (EX-01)



EX-01

Gambar 3.4 Desain *Expander* (EX-01)

Expander EX-01 merupakan alat yang berfungsi untuk mengalirkan dan menurunkan tekanan gas propilen sebelum gas masuk *furnace* (F-01). Alat ini menggunakan jenis *reciprocating expander*, yaitu *expander* yang bekerja dengan gerakan bolak-balik. Tujuan penggunaan *expander* ini adalah untuk mengurangi tekanan gas propilen secara aman agar sesuai dengan kebutuhan *furnace*, serta

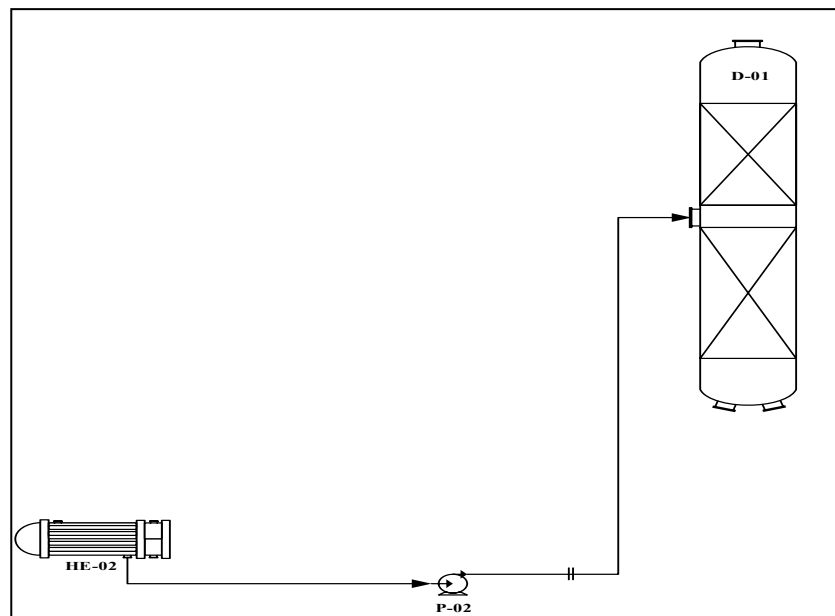
membantu menghemat energi dengan memanfaatkan energi dari pelepasan tekanan gas.

Berikut hasil perhitungan spesifikasi *expander* dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Perhitungan Spesifikasi *Expander* (EX-01)

Fungsi	Mengalirkan dan menurunkan tekanan gas propilen sebelum masuk <i>furnace</i> (F-01)
Jenis	<i>Reciprocating expander</i>
Laju Alir	18760,57 lb/jam
Power	90,5 HP
Power Motor	101 HP
Jumlah	1 Buah

e. Pompa (P-02)



Gambar 3.5 Desain pompa P-02

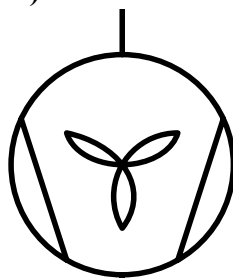
Unit pemindahan berperan penting dalam memastikan kelangsungan aliran bahan kimia dari satu proses ke proses berikutnya dalam sistem industri. Salah satu komponen utamanya adalah pompa sentrifugal, yang bertanggung jawab untuk mentransfer produk asam akrilat dari *absorber* menuju destilasi tower dengan tekanan dan laju aliran tertentu secara stabil. Dalam sistem ini, pompa dirancang agar mampu mengatasi karakteristik asam akrilat yang korosif, reaktif terhadap

polimerisasi, dan mudah menguap, sekaligus menjaga integritas sistem perpipaan dengan pemilihan material SA-212 *Grade C* untuk memastikan pompa memiliki karakteristik tahan terhadap tekanan internal, serta mudah dalam proses perawatan. Berikut hasil perhitungan spesifikasi desain pompa dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Perhitungan Desain Pompa P-02

Fungsi	Mengalirkan hasil bawah absorpsi (AB-01) ke kolom distilasi (D-01))
Jenis	Pompa sentrifugal
Kapasitas pompa	315,324 gal/min
Pipa yang digunakan	Nominal Diameter = 6 in <i>Schedule number</i> = 40 <i>Outside diameter (OD)</i> = 6,625 in = 0,5518625 ft <i>Inside diameter (ID)</i> = 6,065 in = 0,5052145 ft <i>Flow area pipe/inside sectional area (A)</i> = 0,200566 ft ² Pipa Horizontal = 82,02 ft Pipa Vertikal = 72,18 ft <i>Elbow 90°</i> = 3 buah
Power Pompa	9,039 HP
Tenaga Motor	10,891HP

f. *Blower* (BW-01)



Gambar 3.6 Desain *Blower* (BW-01)

Blower BW-01 adalah alat yang digunakan untuk mendorong aliran *feed* menuju unit penukar panas HE-01. Alat ini termasuk jenis *blower* sentrifugal single stage, yang bekerja dengan prinsip gaya sentrifugal untuk menghasilkan aliran

udara atau gas bertekanan, sehingga proses pemanasan di dalam penukar panas dapat berjalan dengan baik dan efisien. Selain itu, *blower* ini juga membantu menjaga kelancaran aliran proses dalam sistem produksi.

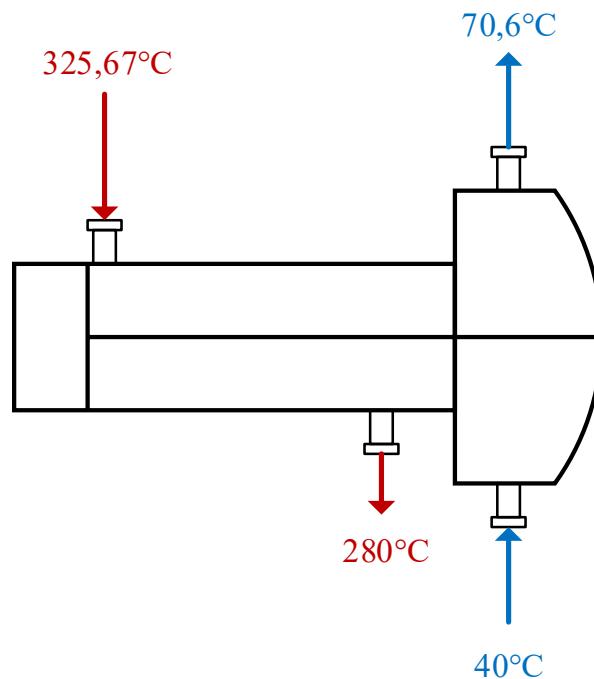
Berikut hasil perhitungan spesifikasi *Blower* dapat dilihat pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Perhitungan Spesifikasi *Blower* (BW-01)

Fungsi	Menghembuskan feed ke HE-01
Jenis	<i>Single Stage Sentrifugal</i>
Kapasitas	2158,2108 kg/menit
Power	1030,915 HP
Jumlah	1 Buah

3.3 Unit Penukar Panas

g. *Heat Exchanger* (HE-01)



Gambar 3.7 Desain *heat exchanger* HE-01

Heat Exchanger HE-01 adalah alat penukar panas tipe horizontal *shell and tube* yang berfungsi untuk mendinginkan gas panas keluaran dari *blower* BW-01. Proses pendinginan ini dilakukan dengan menggunakan fluida cair yang berasal

dari bagian bawah *absorber* AB-01 sebagai media pendingin. Tujuan penggunaan HE-01 adalah untuk menurunkan suhu gas sebelum masuk ke unit proses selanjutnya, agar sesuai dengan kondisi operasi dan mencegah kerusakan pada peralatan *downstream*. Selain itu, alat ini membantu menjaga efisiensi dan keselamatan proses secara keseluruhan.

Tujuan :

1. Menentukan tipe *heat exchanger*
2. Menentukan aliran fluida dalam *heat exchanger*
3. Menentukan bahan konstruksi *heat exchanger*

Berikut hasil perhitungan spesifikasi *heat exchanger* HE-01 dapat dilihat pada

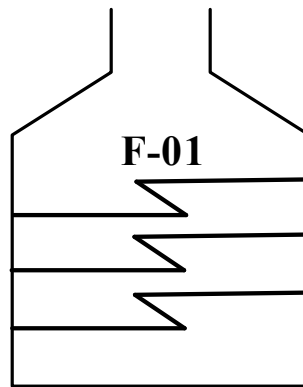
Tabel 3.7

Tabel 3.7 Perhitungan Spesifikasi *Heat Exchanger* HE-01

Fungsi	Mendinginkan gas keluaran dari <i>blower</i> (BW-01) menggunakan fluida cair dari produk bawah <i>absorber</i> (AB-01).	
Jenis	Horizontal, <i>shell and tube</i>	
<i>Tube Side</i>	ID	0,902 in
	OD	1 in
	BWG	18
	Panjang	16 ft
	Jumlah <i>tube</i>	72
	<i>Pass</i>	1
<i>Shell Side</i>	ID	17 ¼ in
	<i>Baffle space</i>	5,5 in
	Jumlah <i>baffle</i>	33
	<i>Pass</i>	1
	<i>Shell Side</i>	<i>Tube Side</i>
<i>h outside</i> (Btu/jam.ft ² .°F)	1629,9449	291,384
<i>Uc</i> (Btu/jam.ft ² .°F)		247,193
<i>Ud</i> (Btu/jam.ft ² .°F)		151,668

Rd perhitungan (Btu/jam.ft ² .°F)	0.00254	
Rd diijinkan (Btu/jam.ft ² .°F)	0,003	
ΔP perhitungan (psia)	9,87	1,81
ΔP diijinkan (psia)	10	2

h. Furnace (F-01)



Gambar 3.8 Desain *Furnace* (F-01)

Furnace F-01 adalah alat pemanas yang digunakan untuk memanaskan aliran *feed* ke suhu optimal agar reaksi kimia yang terjadi di reaktor R-01 dapat berlangsung dengan efisien. *Furnace* ini termasuk tipe *Rectangular Box Type Furnace*, yang umumnya digunakan untuk proses pemanasan dalam skala industri karena memiliki ruang pembakaran yang luas dan efisien. Desain dan material *furnace* dibuat untuk menahan suhu tinggi dan mencegah kehilangan panas, sehingga mendukung kelancaran dan efisiensi proses produksi.

Tujuan :

1. Menentukan *type* furnance yang digunakan
2. Menentukan bahan kontruksi
3. Menentukan kapasitas

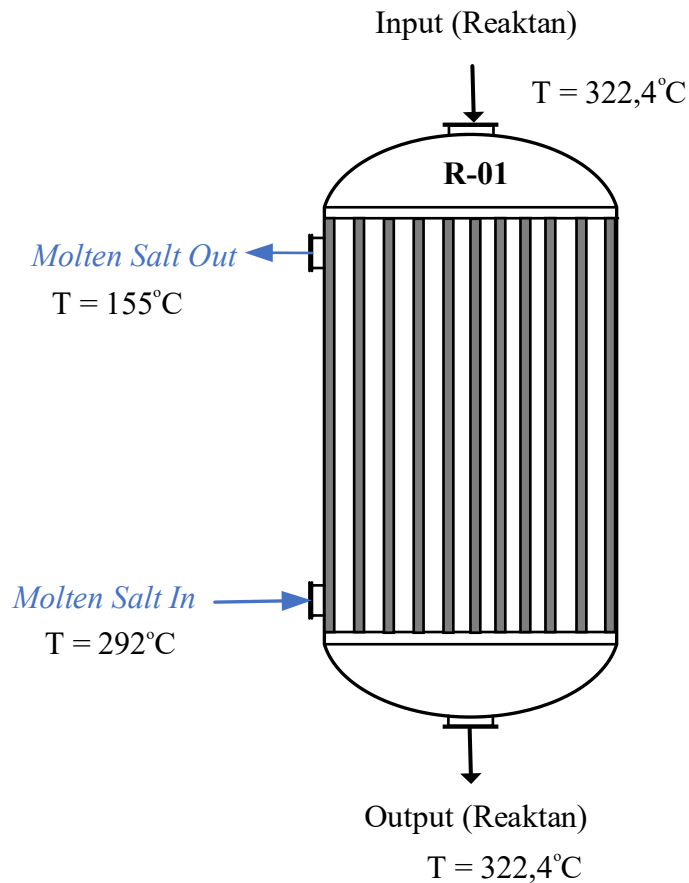
Berikut hasil perhitungan spesifikasi *Furnace* (F-01) dapat dilihat pada Tabel 3.8

Tabel 3.8 Perhitungan Spesifikasi *Furnace* (F-01)

Fungsi	Memanaskan feed sebelum masuk ke R-01
Jenis	<i>Rectangular Box Type Furnace</i>
Bahan	<i>Carbon Steel 283 grade C</i>
Kapasitas	1926,667 ft ³ /jam
Kondisi Operasi	330°C
Dimensi	OD <i>tube</i> = 0,416 ft ²
	Panjang <i>tube</i> = 20 ft ²
	<i>Center to Centre Distance</i> = 0,708 ft
	Jumlah <i>tube</i> = 49 buah
Refractory	<i>End Walls</i> = 192 ft ²
	<i>Side Walls</i> = 170 ft ²
	<i>Bridge Walls</i> = 113 ft ²
	<i>Floor and Arch</i> = 453 ft ²

3.4 Unit Reaksi

i. Reaktor (R-01)



Gambar 3.9 Desain reaktor oksidasi propilen (R-01)

Dalam Perancangan Pabrik Asam Akrilat digunakan reactor dengan tipe *fixed-bed multitube*, yang merupakan reactor yang optimal untuk digunakan pada reaksi katalitik eksotermik. Dalam desain pada reactor tersebut, katalis padat ditempatkan di dalam banyak *tube* vertikal yang tersusun paralel, memungkinkan area kontak yang luas dan kontrol suhu yang presisi. Bahan konstruksi *Carbon Steel SA-283 Grade C* digunakan sebagai bahan konstruksi utama reaktora. Reaktor ini menggunakan media pendingin *molten salt* yang nantinya akan dialirkan di sekitar *tube* (pada sisi *shell*) untuk menyerap panas reaksi dan menjaga suhu optimal. Penggunaan *molten salt* bertujuan untuk mencegah terbentuknya *hot spot* dan polimerisasi yang tidak diinginkan, serta memastikan konversi propilen menjadi asam akrilat secara selektif dan efisien.

Tujuan :

Berikut hasil perhitungan spesifikasi reaktor oksidasi propilen (R-01) dapat dilihat pada Tabel 3.9

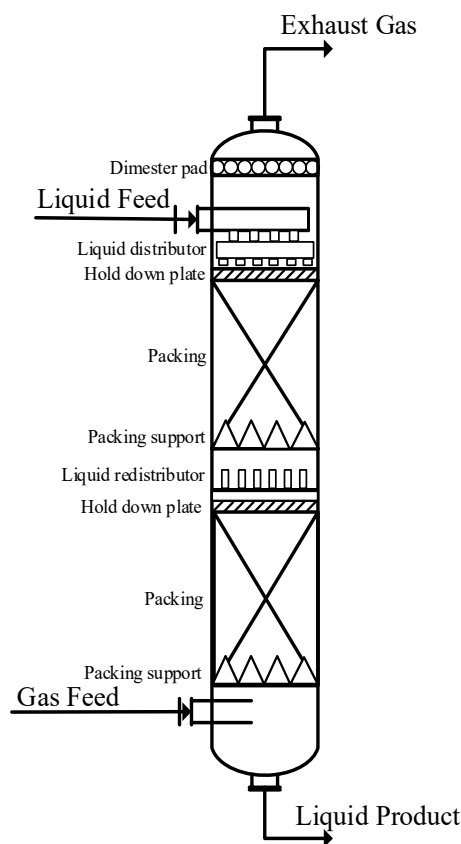
Tabel 3.9 Perhitungan Spesifikasi Reaktor Oksidasi Propilen (R-01)

Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi
Jenis	<i>Fixed bed multitube, non adiabatis, isothermal</i>
Tekanan operasi	1,76 atm
Suhu reaktor	322,42°C (595,57 K)
Fase	Gas dengan katalis padat
Spesifikasi Katalis:	
• Jenis	<i>Bismuth (III) Molybdate (Bi₂Mo₃O₁₂)</i>
• Ukuran (Diameter)	4,7 mm
• Densitas padatan (ρ_p)	5900 kg/m ³
• Porositas	0,411
• Berat Katalis	285854,702 kg
Spesifikasi <i>Tube</i> :	
• Jumlah <i>Tube</i>	27692 buah
• Diameter Luar	1,66 in
• Diameter Dalam	1,38 in
• <i>Flow Area</i>	1,5 in ²
• Panjang <i>Tube</i>	5,6 m
Spesifikasi <i>Shell</i> :	
• Diameter Dalam	97,8 in
• Diameter Luar	108 in
• Tebal	0,25 in
• Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>Head</i> :	
• Tipe	<i>Torispherical</i>
• Tebal	0,375 in

• Tinggi <i>Head</i>	19,1032 in
• Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tinggi reaktor	6,507 m
Volume reaktor	26,6779 m ³

3.5 Unit Pemisah

j. *Absorber* (ABS-01)



Gambar 3.10 Desain kolom absorpsi ABS-01

Menara *absorber* merupakan salah satu peralatan utama dalam proses pemisahan gas pada sistem produksi kimia. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip kontak antara gas dan cairan penyerap secara kontinu, sehingga komponen tertentu dari campuran gas dapat larut dan terpisah dalam fasa cair. Pemilihan desain menara dengan jenis *packing* bertujuan untuk memperbesar luas permukaan kontak antar fasa, sehingga proses absorpsi berlangsung secara lebih efisien. Dalam

penggunaannya, menara ini dirancang untuk mempertahankan stabilitas aliran fluida dan menjaga kinerja optimal selama proses pemisahan berlangsung.

Tujuan :

1. Menentukan jenis *absorber*
2. Menentukan bahan konstruksi kolom
3. Menentukan Jenis Packed

Berikut hasil perhitungan spesifikasi kolom absorpsi ABS-01 dapat dilihat pada Tabel 3.10

Tabel 3.10 Perhitungan Spesifikasi Kolom Absorpsi ABS-01

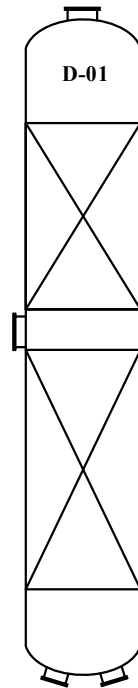
Fungsi	Menyerap asam akrilat dengan solvent
Kondisi Operasi	T = 30 K P = 1,1 atm
Tipe	<i>Packed tower</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel 283 Grade C</i>
<i>PACKING DESIGN</i>	
<i>Packing Type</i>	<i>Ceramic Seddle Ring</i>
<i>Packing Size (mm)</i>	51
<i>Bulk Density (kg/m³)</i>	353
<i>Surface Area (m²/m³)</i>	102
<i>Packing Factor (m⁻¹)</i>	66
<i>Packing Support</i>	<i>Multi-beam Packing Support</i>
Tinggi <i>Packing Support</i> (m)	0,25
Jumlah <i>Packing</i>	2
<i>Packing Structure</i>	Random
Tinggi <i>Packed Bed</i> (m)	5,9463
Jarak antara <i>packed</i> (m)	0,45
<i>COLUMN DESIGN</i>	
<i>Inside Diameter</i> (m)	3,71593
Tinggi Kolom (m)	17,843
Tebal Kolom (m)	0,00635
<i>Liquid Distributor</i>	<i>Weir-trough distributors</i>
Tinggi <i>Liquid Distributor</i> (m)	0,25

Jumlah <i>Liquid</i> Distributor	1
Liquid Redistributor	Liquid Full Redistributor
Tinggi <i>Liquid</i> Redistributor (m)	0,25
Jumlah <i>Liquid</i> Redistributor	1
<i>Hold Down Plate</i>	<i>Hold-down plate type</i> HP-1
Tinggi <i>Hold Down Plate</i> (m)	0,1
Jumlah <i>Hold Down Plate</i>	2
<i>Dimester Pad</i>	<i>Dimester pad round shape embedded</i>
Tinggi <i>Dimester Pad</i> (m)	0,1
Jumlah <i>Dimester Pad</i>	1

HEAD SPECIFICATION

<i>Head Type</i>	<i>Torispherical</i>
<i>Bahan Head</i>	<i>Carbon Steel 283 Grade C</i>
Ketebalan <i>Head</i> (m)	0,0096153
Tinggi <i>Head</i> (m)	0,93776

b. Destilasi (D-01)



Gambar 3.11 Desain Kolom Destilasi (D-01)

Pada Proses pemurnian Asam Akrilat, Pada Perancangan Pabrik Kimia Asam Akrilat menggunakan Menara Distilasi dengan tipe *sieve tray* yang secara spesifik dirancang untuk melakukan pemisahan asam akrilat sebagai produk bawah, sedangkan asam asetat dan air akan keluar sebagai produk atas. Menara ini akan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C*, bahan konstruksi ini dipilih karena kekuatan dan ketahanannya terhadap tekanan operasional yang tinggi. Desain *sieve tray* ini juga dipertimbangkan karena kapasitasnya yang tinggi dan pada prosesnya efektivitas pemurniannya juga sangat tinggi.

Tujuan :

1. Menentukan tipe menara dan bahan menara
2. Menentukan jumlah *plate*
3. Menentukan dimensi menara
4. Tebal tutup (head) menara

Berikut hasil perhitungan spesifikasi Desain Kolom Destilasi (D-01) dapat dilihat pada Tabel 3.11

Tabel 3.11 Perhitungan Spesifikasi Desain Kolom Destilasi (D-01)

Fungsi	Memisahkan asam akrilat dari komponen lainnya
Tipe	<i>Sieve Tray Tower</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah <i>Tray</i>	43
R min	0,02
R	0,0233
<i>Tray Spacing</i>	24 in
Tebal <i>Shell</i>	0,1875 in
Tebal <i>Head</i>	0,1875 in
Tinggi <i>Head</i> Puncak	34,48 in
Tinggi <i>Head</i> Dasar	30,82 in
Tinggi Menara	27,6404 m
Diameter Menara	3 m
Tekanan Puncak Kolom	0,230 atm
Tekanan Dasar Kolom	0,395 atm
Suhu Puncak Kolom	63,5°C
Suhu Dasar Kolom	137°C

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau utilitas merupakan hal yang penting dalam suatu industri kimia. Selain bahan baku, diperlukan juga bahan penunjang lain seperti air, *steam*, bahan bakar, listrik, udara tekan dan sebagainya. Unit pendukung proses sendiri berguna sebagai sarana penunjang proses produksi yang menyediakan bahan-bahan tersebut. Unit pendukung proses yang ada pada perancangan pabrik Asam Akrilat meliputi:

1. Unit Penyediaan Air

Meliputi air umpan *boiler*, air pendingin, air untuk sistem *cleaning* atau *maintenance*, air hidran untuk pemadam kebakaran, dan air sanitasi untuk rumah tangga pabrik.

2. Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Meliputi *steam* untuk pemanas proses, menjalankan sistem vakum, dan penggerak turbin uap.

3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Meliputi listrik penggerak motor listrik peralatan pabrik dan listrik untuk perkantoran dan penerangan pabrik.

4. Unit Penyediaan *Thermal Fluid*

Thermal fluid untuk pendingin proses di reaktor

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Meliputi bahan bakar *boiler*, bahan bakar motor generator listrik, dan bahan bakar pembangkit tenaga listrik (batubara, gas alam, solar).

6. Unit Penyediaan Udara Bertekanan (*Instrument Air*)

Meliputi udara bertekanan untuk sistem *control pneumatic* dan proses produksi.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Unit ini sangat berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses.

Dalam memenuhi kebutuhan air didalam pabrik, dapat diambil dari air permukaan. Pada umumnya air permukaan dapat diambil dari air sumur, air sungai, dan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Asam Akrilat ini, sumber air baku yang digunakan berasal dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk dan sumur bor untuk sanitasi. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya yang lebih besar.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Letak sungai berada tidak terlalu jauh dengan pabrik.

Air yang diperoleh digunakan untuk :

1. Air untuk proses

Air proses ialah satu dari sekian jenis air yang digunakan dalam beberapa proses yang terdapat pada suatu industri. Dalam reaksi kimia, air proses berperan sebagai pelarut yang efektif karena kemurniannya. Air ini bebas dari mineral dan memiliki pH netral, sehingga tidak mengganggu reaksi yang berlangsung. Pada penggunaannya di sektor air proses, terdapat hal – hal yang perlu diperhatikan, diantaranya sebagai berikut :

- a. Kesadahan (*hardness*) yang dapat menyebabkan kerak.
- b. Besi yang dapat menimbulkan korosi.
- c. Minyak yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan *film* yang mengakibatkan terganggunya koefisien *transfer* panas serta menimbulkan endapan.

2. Air Pendingin

Air pendingin (*Cooling water*) ialah salah satu unit pengadaan air yang digunakan untuk proses pendinginan dari suatu instrumen yang

terdapat pada industri. Unit ini bertanggung jawab untuk menyediakan air pendingin yang memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk operasi reaktor dan kristalizer. Spesifikasi air pendingin yang dibutuhkan tercantum dalam Tabel 4.1:

Tabel 4. 1 *Cooling Water* (ASME, 2017)

Parameter	<i>Circulating water</i>	<i>Make Up Water</i>	<i>Transient Water</i>
pH	6,5-8,2	6,0-8,0	6,8-8,0
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	<80	<30	<40
Klorin (mg/l)	<200	<50	<50
Sulfat (mg/l)	<200	<50	<50
Alkali (mg/l)	<100	<50	<50
Total Hardness (mg/l)	<200	<70	<70
Ca ²⁺ (mg/l)	<150	<50	<50
Silika (mg/l)	<40	<30	<50

3. Air umpan *boiler*

Air umpan *boiler* merupakan jenis air yang digunakan untuk penghasil *steam* pada *boiler*, dimana air ini akan berubah fase menjadi uap didalam *boiler*. Air yang digunakan untuk umpan *boiler* dilakukan beberapa perlakuan seperti penjernihan dan proses pelunakan, hal ini bertujuan untuk menekankan kandungan garam-garam yang mampu membuat *boiler* atau ketel mengalami korosi. Sejumlah faktor krusial perlu dipertimbangkan saat menjalankan proses pengolahan air umpan *boiler*, termasuk :

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang timbul disebabkan oleh air umpan yang digunakan mengandung beberapa senyawa yang memiliki pH asam dan juga gas-gas terlarut seperti O₂ dan CO₂. Selain itu terjadinya korosi dapat disebabkan karena penggunaan kembali air kondensat

yang didalamnya banyak kandungan senyawa-senyawa bersifat korosif.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale reforming*)

Kerak yang terjadi dapat disebabkan karena air umpan yang digunakan memiliki nilai kesadahan yang tinggi seperti garam-garam karbonat. Apabila permukaan *boiler* berkerak dapat menyebabkan terhalangnya proses perpindahan panas sehingga akan mengalami *overheating* dan juga bisa menyebabkan pipanya pecah..

c. Zat yang menyebabkan *foaming* dan *Priming*

Foaming adalah terbentuknya gelembung atau busa dipermukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik dan anorganik dalam jumlah cukup besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Priming adalah adanya tetes air dalam *steam* (buih dan kabut) yang menurunkan efisiensi energi *steam* dan pada akhirnya menghasilkan deposit kristal garam. *Priming* dapat disebabkan oleh konstruksi *boiler* yang kurang baik, kecepatan alir yang berlebihan atau fluktuasi tiba-tiba dalam aliran.

Untuk menghindari hal-hal yang berpotensi merusak *boiler* maka air umpan perlu dilakukan beberapa *pre-treatment* sebelum digunakan untuk proses yang terjadi pada *boiler*. Air umpan untuk *boiler* harus memiliki beberapa persyaratan yang dijelaskan pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4. 2 Syarat-syarat Air Umpan *Boiler* pada industri (ASME,2017)

Tekanan <i>Boiler</i> (Psig)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Total		Padatan Tersuspensi (mg/l)	Silika (ppm)
			<i>Hardness</i> (ppm CaCO ₃)	TDS (mg/l)		
0-300	0,1	0,05	0,3	3500	300	150
301-450	0,05	0,025	0,3	3000	250	90

451-600	0,03	0,2	0,2	2500	150	40
601-750	0,025	0,2	0,2	2000	100	20
751-900	0,2	0,15	0,1	1500	60	20
901-1000	0,2	0,15	0,05	1250	40	8
1001-1500	0,1	0,1	0	1000	20	2
1501-2000	0,1	0,1	0	750	10	1

4. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dari suatu industri biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan harian dari karyawan, perkantoran dan laboratorium. Air sanitasi berbeda dengan air proses dimana air ini hanya dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga pabrik, sehingga harus memenuhi beberapa persyaratan yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4. 1 Standar Baku Mutu Air Sanitasi (PERMEN KES, 2017).

Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Parameter Fisika Air Sanitas		
Kekeruhan	NTU	25
Warna	TCU	50
Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	1000
Suhu	oC	suhu udara \pm 3
Rasa		tidak berasa
Bau		tidak berbau
Parameter Kimia Air Sanitas		
pH	mg/l	6,5 - 8,5
Besi	mg/l	1

Fluorida	mg/l	1,5
Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
Mangan	mg/l	0,5
Nitrat, sebagai N	mg/l	10
Nitrit, sebagai N	mg/l	1
Sianida	mg/l	0,1
Deterjen	mg/l	0,05
Pestisida total	mg/l	0,1
Nitrit, sebagai N	mg/l	1
Sianida	mg/l	0,1
Air raksa	mg/l	0,001
Arsen	mg/l	0,05
Kadmium	mg/l	0,005
Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
Selenium	mg/l	0,01
Seng	mg/l	15
Sulfat	mg/l	400
Timbal	mg/l	0,05
Parameter Biologi Air Sanitasi		
Total coliform	CFU/100ml	50
E. coli	CFU/100ml	0

5. Air Hydrant

Air *Hydrant* merupakan jenis air yang dipergunakan untuk membantu apabila terjadi kebakaran di suatu industri. Berdasarkan proses penggunaannya jenis air ini berbeda dengan air-air yang lain, karena air ini hanya digunakan apabila terjadi kebakaran di area pabrik.

Air ini hanya difungsikan dalam terjadinya proses kebakaran sehingga jenis air yang digunakan tidak memiliki ketentuan yang spesifik dalam pemilihan airnya.

4.1.1 Unit Pengolahan Air

a. Pengolahan air proses dari air sungai

Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air sungai dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan dapat meliputi secara fisik dan kimia. Tahapan-tahapan pengolahan air sebagai berikut.

1. Penyaringan Awal / *Screen*

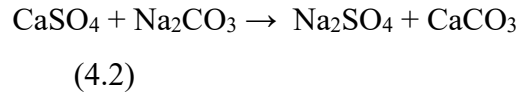
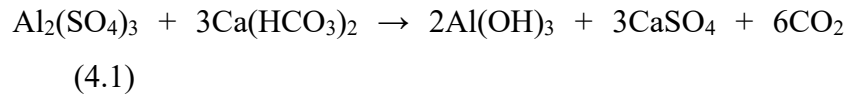
Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilewatkan screen (penyaringan awal) berfungsi untuk menahan kotoran - kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak Pengendap

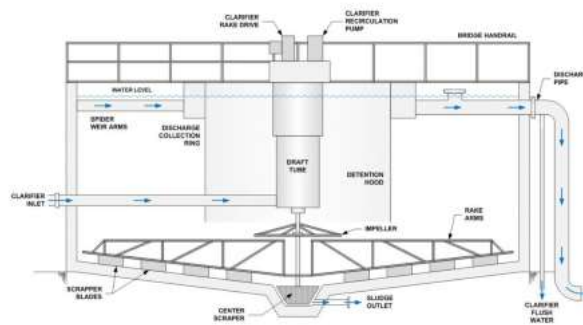
Air sungai setelah melalui penyaringan awal kemudian dialirkan ke bak pengendap awal dengan tujuan untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang lolos dari penyaring awal (screen) dibantu dengan adanya pengaduk.

3. Bak Penggumpal

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah Tawas atau alum ($Al_2(SO_4)_3$) dan Na_2CO_3 . Adapun reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal adalah:



4. Clarifier



Gambar 4.1 Design Clarifier (Wiggins, 2019)

Air yang telah melewati bak penggumpal kemudian dialirkan menuju clarifier, dengan tujuan untuk memisahkan serta mengendapkan gumpalan-gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan kedalam clarifier, akan diaduk dengan agitator dimana variable control pada proses ini terdiri dari laju debit flow air dan kecepatan putaran dari agitator. Air yang telah terbebas dari flok akan keluar melalui bagian pinggir dari clarifier secara overflow, sedangkan sludge (*flok*) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di blow down secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. Bak Penyaring (*sand filter*)

Setelah air keluar dari clarifier, air kemudian di umpankan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Bak penyaring yang digunakan (*sand filter*) terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

6. Bak Penampung Sementara

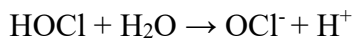
Setelah keluar dari bak penyaring, air kemudian dialirkan ke tangki penampungan sementara yang kemudian akan di distribusikan sebagai air sanitasi, air umpan *boiler*, air pendingin dan sebagai air proses.

7. Tangki Karbon Aktif

Setelah keluar dari bak penampung sementara, kemudian air hasil pemurnian di alirkan ke tangka karbon aktif. Pada proses ini air ditambahkan dengan kaporit dengan tujuan untuk membunuh mikroorganisme seperti amuba, ganggang, dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga air yang dihasilkan aman untuk digunakan. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut:



Asam hipoklorid di uraikan sesuai dengan reaksi berikut :



Kemudian air yang telah selesai di murnikan dialirkan ke tangki air bersih pada setiap bak perkantoran untuk keperluan sehari - hari.

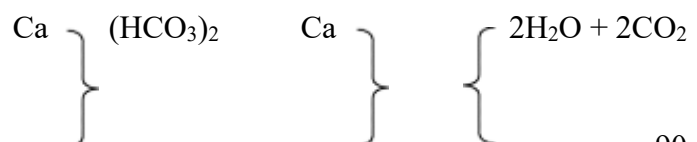
8. Tangki Air Bersih

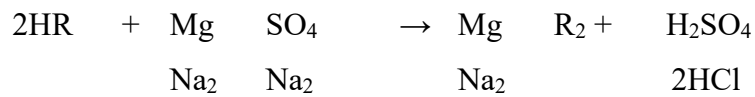
Tangki air bersih berfungsi sebagai tempat penampungan dari air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air perkantoran.

9. Tangki Kation *Exchanger*

Proses pengolahan air ini hanya diperuntukan pada air yang diperuntukan sebagai air *make up boiler*, dimana pada tangka ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari kation *exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

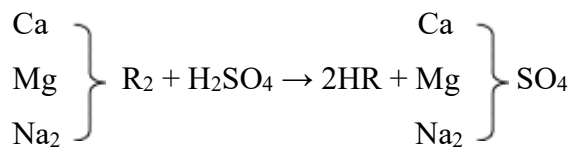
Reaksi :





Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasi kembali dengan menggunakan asam sulfat (H₂SO₄).

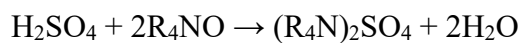
Reaksi:



10. Tangki Anion *Exchanger*

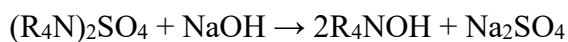
Air yang keluar dari tangki kation *exchanger* kemudian diumpankan ke tangka anion *exchanger*. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO₃²⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ akan terikat dengan resin.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

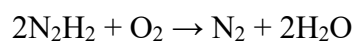
Reaksi:



Setelah melalui tangki anion *exchanger* air kemudian diumpankan ke unit *deaerator* dan unit pendingin.

11. Unit Deaerator

Deaerasi merupakan proses pemurnian air yang akan digunakan untuk umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂). Di dalam *deaerator* diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₂) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi:



Hal ini merupakan upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi pada tube *boiler*. Air yang keluar dari dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

12. Bak Air Pendingin

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam cooling tower. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya blow down di cooling tower diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih.

Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.

b. Pengolahan Air Sanitasi dari Air Tanah atau Sumur Bor

Air sanitasi merupakan air yang diperlukan untuk sarana pemenuhan kebutuhan para pegawai. Air sanitasi digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air minum, laboraorium, dan perkantoran. Merngacu pada peraturan Mentri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang syarat syarat dan standar pengawasan dari kualitas air. Proses pengolahan air sumur menjadi air sanitasi terdiri dari beberapa tahapan utama diantaranya sebagai berikut:

1. *Well Water*

Air yang digunakan sebagai air sanitasi, dan air proses diperoleh dari beberapa sumur, yang kemudian akan di umpankan ke *Aerator* untuk kemucian dilakukan proses pengolahan air.

2. *Aerator*

Air sumur dipompakan ke aerator secara counter current dengan udara yang dihembuskan oleh *blower* dan turun melalui tumpukan raschig ring. Ferro (Fe^{2+}) yang larut dalam air sumur hasil pengeboran dioksidasi menjadi Ferri (Fe^{3+}) yang mudah mengendap sehingga mudah dipisahkan.

Proses oksidasi dapat berjalan sempurna pada $\text{pH} \pm 7$, oleh karena itu pada proses pengendapan di aerator, diberikan penambahan NaOH untuk menaikkan nilai pH dari air sumur yang bersifat asam.

3. *Iron Removal Filter*

Pada tahapan ini, endapan endapan kadar besi yang telah terbentuk akan dipisahkan, hal ini bertujuan untuk membebaskan air dari zat zat yang dapat menimbulkan korosi pada peralatan. Kadar besi pada air keluar dari *filter* ini tidak boleh lebih dari 0,2 ppm. *Iron removal filter* berisi *Manganese Dioxide Coated Filter*. *Manganese dioxide* ini berfungsi untuk menyempurnakan oksidasi ion-ion ferro menjadi ion-ion ferri. Selain itu dengan adanya media padat seperti pasir, zat padat yang mengambang dalam air (*suspended solid*) akan tersaring secara mekanis. Air yang keluar kemudian akan dipompakan ke *filtered water tank*, sebagian digunakan sebagai air sanitasi setelah diinjeksikan chlorine 1,5 ppm dan ditampung di *water tank*. Berikut merupakan standar baku mutu air Sanitasi berdasarkan Peraturan

4.1.2 Unit Penyediaan Air

a. Kebutuhan air untuk kebutuhan *steam*

Air yang digunakan untuk kebutuhan *steam* diperoleh dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk yang merupakan sungai terbesar dan berdekatan dengan Kawasan industri di Indramayu.

Steam dihasilkan dari *Waste heat boiler* (WHB) yang memanfaatkan panas *molten salt* yang keluar dari reaktor R-01 (291,34°C) dan reaktor R-02 (236°C) sebagai pendingin reactor serta *water-tube boiler*. WHB dibuat *multistage* (3 *stage*) untuk menghasilkan kebutuhan *steam* yaitu *steam* 1823,85 kPa (207,77°C) dan dibantu oleh *boiler* untuk menghasilkan 2 *steam* dengan tekanan sama yaitu 1554,9 kPa (200°C). Berikut ini panas yang dibutuhkan pada proses pembuatan asam akrilat ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Kebutuhan Panas Pembuatan Asam Akrilat

Alat	P <i>steam</i> (kPa)	T <i>steam</i> (°C)	Panas (kJ/jam)	M BFW (kg/jam)
Reaktor (R-01)	1823,85	118.03	7.914.489,22	40.937,20
Reaktor (R-02)	1554,9	218	133.071.599,305	362.128,0661

Panas ini akan dimanfaatkan untuk menghasilkan *steam* sekaligus mendinginkan *molten salt* kembali agar dapat digunakan sebagai pendingin reaktor. Kebutuhan total *mass flow molten salt* yang digunakan untuk mendingin reaktor sebesar 1.446.544,4620 kg/jam.

1. WHB Stage 1-1 (Membuat *steam* 186,44 kPa / 118,03°C)

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ serap}$$

$$Q \text{ molten salt} = Q \text{ (BFW menjadi steam)}$$

Berikut ini perhitungan panas BFW (*Boiler feed water*) untuk diubah menjadi *steam* 118,03°C

$$\text{Kebutuhan steam } 118,03^\circ\text{C} = 40.937,20 \text{ kg/jam}$$

$$H \text{ sensibel BFW (30}^\circ\text{C ke } 118,03^\circ\text{C)} = 16.836.714,031 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} H \text{ laten steam } 118,03^\circ\text{C} &= 2.207,83 \text{ kJ/kg (Smith dkk.,2001)} \\ &= 40.937,20 \text{ kg/jam} \times 2.207,83 \text{ kJ/kg} \\ &= 90.382.378,276 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panas yang diserap} &= (16.836.714,031 + 90.382.378,276) \\ &\text{kJ/jam} \\ &= 107.219.092,307 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan perhitungan suhu keluar *molten salt* dari WHB *Stage* 1-1 setelah diserap panasnya untuk membuat *steam* 118,03°C.

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times C_p}$$

$$\text{Mass Flow molten salt} = 1.451.906,426 \text{ kg/jam}$$

$$C_p \text{ molten salt} = 0,373 \text{ BTU/lb.}^\circ\text{F} = 1,5615 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\text{Diperoleh } \Delta T = 8,37^\circ\text{C}$$

$$T_{in1-1} = 238^\circ\text{C}$$

$$T_{out1-1} = 246,37^\circ\text{C}$$

2. WHB *stage* 1-2 dilanjutkan ke *Boiler* (*steam* 186,44 kPa / 218 °C)

$$Q_{lepas} = Q_{serap}$$

$$Q_{molten\ salt} = Q \text{ (BFW menjadi steam)}$$

Berikut ini perhitungan panas BFW (*Boiler feed water*) untuk diubah menjadi *steam* 218°C.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam } 218^\circ\text{C} &= 362.128,0661 \\ &\text{kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{sensible\ BFW} \text{ (30}^\circ\text{C ke 218}^\circ\text{C)} &= 56.316.517,05 \\ &\text{kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{laten\ steam\ 218^\circ\text{C}} &= 1864,9 \text{ kJ/kg (Smith dkk., 2001)} \\ &= 362.128,0661 \text{ kg/jam} \times 1864,9 \\ &\text{kJ/kg} \end{aligned}$$

$$= 675.332.630,469 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panas yang diserap} &= (56.316.517,05 + 675.332.631) \\ &\text{kJ/jam} \\ &= 731.649.147,57 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan suhu keluar BFW pada stage 1-2 yang memanfaatkan panas dari molten salt reaktor -01 (suhu 172,2°C ke 155°C).

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$\text{Sisa panas molten salt} = 7.157.643,38 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Mass flow BFW} = 362.128,0661 \text{ kg/jam}$$

Dengan melakukan *trial goal seek* pada Ms.Excel diperoleh

$$T_{\text{outBFW}} = 35,38$$

$$\text{Sisa panas yang dibutuhkan BFW} = 120.406.530,7425 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga, dapat disimpulkan jumlah kebutuhan BFW untuk menghasilkan *steam* yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan BFW} &= (40.937,20 + 362.128,0661) \text{ kg/jam} \\ &= 9.702,67 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan air pendingin

Air pendingin untuk pabrik diambil dari air Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk yang merupakan sungai terbesar dan berdekatan dengan Kawasan industri di Indramayu. Air tersebut terlebih dahulu dilakukan *treatment* agar sesuai dengan standar baku mutu air pendingin industri. Kebutuhan air pendingin dapat dirinci pada table 4.3 berikut

Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Destilasi (D-01)	6.953.733,156
Cooler (CO-01)	121.898,5052
Cooler (CO-02)	13.301,23612
Cooler (CO-03)	17.215,86261
CW WHB	240.919,434
	7.347.068,194 kg/jam
Total	176.860,2173 m ³ /hari

c. Kebutuhan air sanitasi

1) Kebutuhan Air Karyawan

Kebutuhan air untuk sanitasi dapat diambil dengan melakukan pengeboran sumur dan memompa air sumur tersebut ke bagian water treatment agar dapat memenuhi kebutuhan air sanitasi.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri, kecukupan air untuk keperluan *hygiene* dan sanitasi dihitung dari kebutuhan minimal dikaitkan dengan perlindungan kesehatan dasar dan *hygiene* perorang. Ketersediaan air sebanyak 20 liter/orang/hari hanya mencukupi untuk kebutuhan *hygiene* dan sanitasi minimal, sehingga untuk menjaga kondisi kesehatan pekerja yang optimal diperlukan volume air yang lebih, biasanya berkisar antara 50-100 liter/orang/hari.

Diperkirakan jumlah karyawan yang akan bekerja adalah 100 orang dengan kebutuhan air *hygiene* dan sanitasi diasumsikan 50 liter/orang/hari, maka dapat dihitung kebutuhan air karyawan yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= 263 \text{ orang} \times 50 \text{ liter/orang/hari} \\ &= 13150 \text{ liter/hari} = 13.15 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2) Kebutuhan Air untuk Laboratorium

Kebutuhan air untuk laboratorium diperkirakan sebesar 2,5 m³/hari.

3) Kebutuhan Air Sehari-Hari

Kebutuhan air untuk kegiatan sehari-hari yang meliputi pembersihan ruangan, kantin, musholla, pertamanan, dan lainnya diperkirakan sebanyak 15 m³/hari.

4) Total Kebutuhan Air Sanitasi

Total kebutuhan air sanitasi merupakan total penjumlahan dari kebutuhan air karyawan, air untuk laboratorium, dan kebutuhan air sehari-hari. Dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total air sanitasi} = (13,15 + 2,5 + 15) \text{ m}^3/\text{hari} = 30,65 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Kebutuhan air hidran

Air hidran diambil dari air sumur bor dimana pre-treatmentnya sama seperti air sanitasi untuk keperluan rumah tangga pabrik. Diasumsikan kebutuhan air hidran sebesar 5 m³/hari kemudian ditampung didalam tangki air hidran.

e. Total kebutuhan air

Total kebutuhan air merupakan total kebutuhan dari air pendingin, air untuk sanitasi dan air untuk pengadaan *steam*. Berikut ini dapat dihitung total kebutuhan air untuk pabrik:

$$\text{Total kebutuhan air} = 176.926,5173 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk air yang bersumber dari air sumur yakni air sanitasi dan air hidran memiliki kebutuhan sebesar:

$$\text{Total kebutuhan air sumur} = (30,65 + 5) \text{ m}^3/\text{hari} = 35,65 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk air yang bersumber dari air Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk yakni air pendingin dan air untuk penyediaan *steam* memiliki faktor keamanan sebesar 10% untuk menjaga apabila terdapat air yang hilang ditengah proses berlangsung. Sehingga dapat dihitung kebutuhan air sungai sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air sungai} &= (9.702,67 + 176.860,2173) \times 10\% \\ &= 205.219,181 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.2 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik suatu industry dapat diperoleh dari :

- Suplay listrik dari PLN Nusantara Power Indramayu
 - Genarator pembangkit tenaga listrik (Generator Set) sebagai cadangan
- Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik (AC) dengan jenis generator 3 phase, berdasarkan pertimbangan :
- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
 - Tenaga dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.
 - Daya lebih besar
 - Tenaga listrik stabil

- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit

Motor 3 phase harganya relatif lebih murah dan sederhana. Kebutuhan listrik untuk pabrik cumene ini akan dipenuhi oleh PLN dan generator sebagai cadangan. Kebutuhan listrik di pabrik ini meliputi :

- a. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- b. Listrik untuk penerangan
- c. Listrik untuk AC
- d. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

a. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas dapat dirincikan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.4 Kebutuhan untuk Peralatan Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya (HP)
Pompa feed solvent	P-01	1	6,896	6,896
Pompa umpan D-01	P-02	1	13,095	13,095
Pompa Masuk Reflux	P-03	1	6,869	6,869
Pompa masuk T-01	P-04	1	0,71767	0,71767
<i>Blower</i> umpan R-02	BW-01	1	158,607	158,607
Kompresor udara	C-01	1	21,63	21,63
<i>Expander</i>	EX-01	1	66	66
Total Daya				273,816 HP
				204,184 kW

Tabel 4.5 Kebutuhan untuk Peralatan Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya (HP)
Pompa molten salt ke R-01	1	50	50
Pompa molten salt ke R-02	1	50	50
Pompa CW ke CO-01	1	3	3
Pompa CW ke CO-02	1	3	3
Pompa CW ke CO-03	1	3	3

Pompa CW ke CD-01	1	3	3
Pompa BFW ke WHB 01	1	3	3
Pompa BFW ke WHB 02	1	3	3
Pompa BFW ke <i>Boiler</i>	1	5	5
Pompa intake air sungai	3	20	60
Pompa air dari unit klorinasi	2	25	50
Pompa air dari unit demin	2	25	50
Pompa air dari unit deaerasi	1	30	30
Pompa injeksi bahan kimia	4	2	8
Pompa ke tangka BFW	1	10	10
Pompa ke tangki CW	1	20	20
Total Daya			348 HP
			259,956 kW

b. Kebutuhan Lisrik untuk Penerangan

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep Luminous Efficacy, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Lumen} = \text{Area} \times \text{Lux}$$

Dimana:

Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)

Lux = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Kebutuhan lumen ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Pabrik (PERMENKES, 2016).

Area	Lux (lumen/m ²)	Luas (m ²)	Lumen
Kantor Pusat	200	800	160.000
Aula	200	500	100.000
Poli Klinik	500	400	200.000
Control Room	500	400	200.000
Kantor RnD	200	350	70.000
Kantor Diklat	200	350	70.000
Kantor HSE	200	350	70.000
Kantin & Koperasi	200	300	60.000
Perpustakaan	200	200	40.000
Masjid	150	300	45.000
Laboratorium	500	400	200.000
Fire Station	150	150	22.500
Gudang	150	250	37.500
Maintaince	200	100	20.000
Pos Keamanan	150	50	7.500
Total Area Indoor		4.900	1.302.500
Area Utilitas	200	1.500	300.000
Area Proses	200	7.500	1.500.000
Area Pengolahan Limbah	200	1.200	240.000
Area Penyimpanan	200	1.500	300.000
Area Pengmbangan	200	900	180.000
Safety Point	50	100	5.000
Area Parkir Kendaraan Operasional	150	300	45.000
Area Parkir Kendaraan Umum	150	450	67.500
Taman	5	500	2.500
Jalan	5	2.000	10.000
Total Area Outdoor		13.100	2.650.000

Bagian dalam ruangan, akan digunakan lampu LED Philips 19 W yang memiliki 2300 lumen (www.philips.co.id). Maka, dapat dihitung kebutuhan lampu dalam ruangan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lampu LED 19 W} &= 1.302.500 \text{ lumen} / 2300 \text{ lumen} \\ &= 566 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya lampu LED 19 W} &= 19 \text{ watt} \times 566 \text{ buah} \\ &= 10.759,78261 \text{ watt} \\ &= 10,75978 \text{ kW}\end{aligned}$$

Bagian luar ruangan, akan digunakan lampu LED Philips 50 W yang memiliki 4500 lumen (www.philips.co.id). Maka, dapat dihitung kebutuhan lampu luar ruangan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan lampu LED 50 W} &= 2.650.000 \text{ lumen} / 4500 \text{ lumen} \\ &= 589 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya lampu LED 50 W} &= 50 \text{ Watt} \times 589 \text{ buah} \\ &= 29444,44 \text{ watt} \\ &= 29,44 \text{ kW}\end{aligned}$$

Maka, total daya penerangan untuk dalam dan luar ruangan adalah :

$$10,75978 + 29,44 = 40,204 \text{ kW}$$

c. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Ruangan

Pendingin ruangan menggunakan AC (Air Conditioner) 1 pK low watt yang memiliki daya sebesar 660 watt. Diperkirakan AC 1 pK akan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan berukuran 5×5 meter (luas 25 m^2).

Sehingga, dapat dihitung total kebutuhan daya AC:

Total luas area dalam ruangan adalah 4.150 m^2 .

$$\begin{aligned}\text{Jumlah AC yang digunakan} &= 4.900 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 \\ &= 196 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan daya AC} &= 196 \text{ buah} \times 660 \text{ watt} \\ &= 129.360 \text{ watt} = 129,36 \text{ kW}\end{aligned}$$

d. Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Kebutuhan listrik pada laboratorium dan untuk instrumentasi diperkirakan sebagai berikut:

Kebutuhan listrik laboratorium = 10 kW
 Kebutuhan listrik instrumentasi = 10 kW
 Total kebutuhan daya lab = 20 kW

e. Total Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik merupakan jumlah dari kebutuhan daya pada penerangan unit proses/utilitas, kebutuhan daya pendingin ruangan (AC), kebutuhan daya di laboratorium dan instrumentasi, serta energi tambahan dari turbin *expander*. Dapat dihitung total kebutuhan listrik pabrik asam akrilat adalah sebagai berikut :

Total Kebutuhan Listrik = 653,705 kW
 Faktor Keamanan (10%) = 719,075 kW

f. Perancangan Generator

Generator hanya digunakan sebagai cadangan apabila ada gangguan supply dari PLN, sebagai tenaga cadangan, digunakan generator dengan efisiensi sebesar 80 %, dengan nilai kebutuhan listrik sebesar 630,26 kW, maka kebutuhan daya aktual generator adalah :

Daya aktual (P) = 719,075 kW / 0,80
 = 575,260 kW ~ 576 kW
 = 1.928.294,389 BTU/jam (dikali 3412,14)

Bahan bakar dari generator menggunakan solar (fuel oil no. 2). Berikut ini data karakteristik dari solar (Flagan dan Sinfield, 1988) :

Heating value : 45.500 kJ/kg = 19.561,49 BTU/lb (dikali 0,43)
Specific gravity : 0,865

Maka, dapat dihitung densitas solar adalah :

$$\text{Specific gravity} = \frac{\rho}{\rho_{air}}$$

Jika densitas air pada suhu 25°C adalah 1,0274 kg/L, maka densitas solar :

$$\rho_{solar} = 0,865 \times 1,0274 \text{ kg/L}$$

$$= 0,8887 \text{ kg/L} = 55,4826 \text{ lb/ft}^3 \text{ (dikali 62,43)}$$

Kebutuhan bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$m = \frac{P}{\text{heating value}}$$
$$m = \frac{2.208.146,258 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{19.560,45 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} = 112,8883 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diperlukan 1 generator sebagai tenaga cadangan untuk keperluan industri. Spesifikasi Generator :

Tipe	: Genset Diesel
Kapasitas	: 1300 kW (1,3 MW)
Tegangan	: 380 V
Efisiensi	: 80%
Bahan bakar	: Solar

4.3 Unit Penyediaan *Thermal Fluid*

Thermal fluid digunakan pada proses yang membutuhkan pendingin dengan nilai Cp lebih besar daripada air, sehingga heat transfer-nya lebih besar dan zatnya tidak mudah menguap. Jenis thermal fluid yang digunakan adalah molten salt HITEC yang mengandung 53%w KNO₃, 40%w NaNO₂, 7%w NaNO₃ (Felthouse dkk., 2001). Nilai Cp dari molten salt HITEC adalah 0,373 BTU/lb.°F. Molten salt dipilih karena memiliki range suhu yang besar agar dapat diaplikasikan sebagai pendingin reaktor yang reaksinya sangat eksotermis. Range suhu molten salt untuk digunakan sebagai media pemanas atau pendingin dapat mencapai 149 - 538°C (Coastal Chemical Co.).

Molten salt digunakan sebagai fluida pendingin yang mengalir pada *shell* reaktor fixed-bed multitubular. Kebutuhan molten salt untuk mendinginkan R-01 dan pada R-02 sebesar 1.883.533 kg/jam.

4.4 Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Steam digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemanas pada beberapa alat seperti *heat exchanger* atau *reboiler*. *Steam* yang digunakan diperoleh dari pemanfaatan panas melalui WHB (*Waste heat boiler*) *multistage* yang terdiri dari 3 *stage*. Sebagai umpan, digunakan air umpan *boiler* (*Boiler feed water* atau BFW) yang diolah dari air Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk. *Steam* yang digunakan sebagai pemanas adalah *steam* jenuh (*saturated steam*) yang masing-masingnya adalah:

- MPS (*Medium Pressure Saturated Steam*) pada tekanan 1823,85 kPa dan suhu 207,77°C sebagai bahan baku masuk Reaktor (R-01) melalui *Furnace* (F-01).
- MPS (*Medium Pressure Saturated Steam*) pada tekanan 1554,9 kPa dan suhu 200°C untuk *Reboiler* pada Kolom Destilasi (D-01).

Seperti yang telah dipaparkan di sub-bab kebutuhan air untuk pengadaan *steam*, *steam* yang dihasilkan WHB perlu dibantu dengan keberadaan *boiler*. *Boiler* yang digunakan merupakan jenis *fired-tube*

karena memiliki nilai *annual cost* yang lebih murah dibandingkan jenis *water-tube*. Berikut merupakan jumlah kebutuhan *steam* pada proses yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Kebutuhan *steam* pada proses

Alat	Suhu (°C)	Kapasitas (kg/jam)	Presentase	H <i>vapor</i> (kJ/kg)
Reaktor (R-01)	118,03	40.937,20	10,16 %	574,15
<i>Reboiler</i> (D-01)	218	362.128,07	89,84 %	367,47
Total		403.065,269	100%	941,11

4.4.1 Kapasitas *Boiler*

$$\begin{aligned} \text{Total kapasitas kebutuhan } \textit{steam} &= 403.065,269 \text{ kg/jam} \\ \textit{Blowdown} \text{ (10\% kapasitas } \textit{steam}) &= 10\% \times 403.065,269 \text{ kg/jam} \\ &= 40.306,52696 \text{ kg/jam} \\ \text{Umpan masuk } \textit{boiler} \text{ (BFW)} &= \text{Total kapasitas} + \textit{Blowdown} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (403.065,269 + 40.306,52696) \text{ kg/jam} \\
&= 443.371,7966 \text{ kg/jam} \\
\text{Kondensat kembali (95\% steam)} &= 95\% \times 403.065,269 \text{ kg/jam} \\
&= 382.912,0062 \text{ kg/jam} \\
\text{Kondensat yang hilang (5\% steam)} &= 5\% \times 403.065,2696 \text{ kg/jam} \\
&= 20.153,26348 \text{ kg/jam} \\
\text{Make-up air boiler (BFW)} &= \text{Blowdown} + \text{Kondensat Hilang} \\
&= (40.306,52696 + 20.153,26348) \text{ kg/jam} \\
&= 60.459,79044 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan jumlah kondensat kembali dan *make-up* air yang masuk ke *boiler* serta suhu campuran keduanya:

$$H = m \times \int C_p dT$$

- Kondensat suhu 118,03°C = (10,16%) × 403.065,2696 kg/jam = 2.267,989 kmol/jam
Panas kondensat 118,03°C = 23.458.329,01 kJ/jam
- Kondensat suhu 218°C = (89,84%) × 403.065,2696 kg/jam = 20.062,49674 kmol/jam
Panas kondensat 218°C = 20.062,49674 kmol/jam × 14.975,5 kJ/kmol = 300.445.919,9 kJ/jam
- Kondensat suhu 218°C = (6,9%) × 394432,88 kg/jam = 27221,81 kg/jam = 1511,063 kmol/jam
Panas kondensat 218°C = 136.566.327,2 kJ/jam
- *Make-up* air suhu 30°C

$$\begin{aligned} \text{Panas } \textit{make-up} \text{ air } 30^{\circ}\text{C} &= 3349,572878 \text{ kmol/jam} \times 377,49 \\ &\text{kJ/kmol} \\ &= 1.264.430,266 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Maka, suhu campuran dapat ditrial dan diperoleh suhu campuran kondensat dan *make-up* air adalah $122,01^{\circ}\text{C}$. Dari suhu campuran, dapat diperoleh nilai *H liquid* campuran yaitu $793,1035 \text{ kJ/kg}$ (Smith dkk., 2001).

Dapat dihitung *Q total boiler* adalah:

$$Q \text{ boiler} = 16.375.105,49 \text{ kJ/jam}$$

Dengan efisiensi *boiler* yaitu 85% , maka *Q actual boiler* adalah:

$$\begin{aligned} Q \text{ boiler} \text{ aktual} &= 13.918.839,67 \text{ kJ/jam} \\ &= 13.195.060,01 \text{ BTU/jam} \\ &= 5.185,853 \text{ HP} \end{aligned}$$

Dapat menggunakan *boiler* sebesar $42.000 - 43.000 \text{ HP}$.

4.4.2 Kebutuhan Bahan Bakar *Boiler*

Bahan bakar dari *boiler* menggunakan solar (fuel oil no. 2). Berikut ini data karakteristik dari solar (Flagan dan Sinfield, 1988):

$$\textit{Heating value} : 45.500 \text{ kJ/kg} = 19565 \text{ BTU/lb}$$

$$\textit{Specific gravity} : 0,86581$$

Maka, dapat dihitung densitas solar adalah:

$$\textit{Specific gravity} = \frac{\rho}{\rho \text{ air}}$$

Diketahui densitas air pada suhu 25°C adalah $1,02745 \text{ kg/L}$, sehingga:

$$\text{Densitas solar} = 0,865 \times 1,02745 \text{ kg/L}$$

$$= 0,888746 \text{ kg/L} = 55,48268 \text{ lb/ft}^3$$

Laju bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} m &= \frac{\textit{daya boiler}}{\textit{heating value} \times \mu} \\ &= \frac{13.195.060,01 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}}}{19.565 \times 0,8} = 843,027 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Atau laju volumetrik dari bahan bakar *boiler* dapat dihitung sebagai berikut:

$$v = \frac{\text{laju bahan bakar}}{\text{densitas bahan bakar}} = \frac{843,027 \text{ lb/jam}}{55,532 \text{ lb/ft}^3} = 15,181 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *furnace* dan *boiler*, pada *furnace* digunakan bahan bakar berupa bara sebesar 1698,857 kg/jam. Batu bara diperoleh dari PT. Menambang Muara Enim, pemilihan batu bara didasarkan karena harganya murah dan memiliki nilai kalor yang tinggi.

Sifat fisis batu bara :

- Berat Jenis : 1,25 – 1,70 gr/cm³
- Nilai Kalor : 5.800 kkal/kg

Bahan bakar solar digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar *boiler* dan standby- generator dengan kebutuhan sebesar total sebesar 843,027 lb/jam dan 98,576 lb/jam. Bahan bakar ini diperoleh dari Pertamina atau distributornya. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada pertimbangan:

- Mudah didapat
- Kesetimbangannya terjamin
- Mudah dalam penyimpanan

Sifat fisis bahan bakar solar:

- *Heating value* = 19565 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar = 85%
- s.g. solar = 0,8691
- ρ solar = 55,53177824 lb/ft³

4.6 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara instrument digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan yang digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi di seluruh area proses dan utilitas, dihasilkan dari kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Udara tekan yang dihasilkan harus bersifat kering, bebas minyak dan tidak mengandung partikel-partikel lainnya. Sistem udara tekan

terdiri dari komponen utama berikut: Penyaring udara masuk, pendingin antar tahap, after-coolers, pengering udara, traps pengeluaran kadar air, penerima, jaringan pemipaan, penyaring, pengatur dan pelumasan.

Kompresor *reciprocating* paling banyak digunakan untuk mengkompresi baik udara maupun *refrigerant*. Prinsip kerjanya seperti pompa sepeda dengan karakteristik dimana aliran keluar tetap hampir konstan pada kisaran tekanan pengeluaran tertentu. Juga kapasitas kompresor proporsional langsung terhadap kecepatan. Keluarannya seperti denyutan. Kompresor *reciprocating* tersedia dalam berbagai konfigurasi; terdapat empat jenis yang paling banyak digunakan yaitu horizontal, vertikal, horizontal *balance-opposed* dan tandem.

- *Filter* Udara Masuk: Mencegah debu masuk kompresor. Debu menyebabkan lengketnya katup/kran, merusak silinder dan pemakaian berlebihan.
- Pendingin Antar Tahap: Penurunan suhu udara sebelum masuk ke tahap berikutnya untuk mengurangi kerja kompresi dan meningkatkan efisiensi. Biasanya digunakan pendingin air.
- *After-Coolers*: Tujuannya adalah membuang kadar air dalam udara dengan penurunan suhu dalam penukar panas berpendingin air.
- Pengering Udara: Sisa-sisa kadar air setelah *after-coolers* dihilangkan dengan menggunakan pengering udara, karena udara tekan untuk keperluan instrumen dan peralatan pneumatic harus bebas dari kadar air. Kadar air dihilangkan dengan menggunakan adsorben seperti gel silika/karbon aktif atau pengering refrigeran atau panas dari pengering kompresor itu sendiri.
- Traps Pengeluaran Kadar Air: Trap pengeluaran kadar air digunakan untuk membuang kadar air dalam udara tekan. Trap tersebut menyerupai *steam trap*. Berbagai jenis trap yang digunakan adalah kran pengeluaran manual, klep pengeluaran otomatis atau yang berdasarkan waktu, dll.
- Penerima: Penerima udara disediakan sebagai penyimpan dan penghalus denyut keluaran udara mengurangi variasi tekanan dari Komputer

Pada proses pembuatan udara instrumen, udara pabrik yang berasal kompressor masuk ke Instrument *Air Receiver* untuk dipisahkan kandungan airnya dan sebagai penampung udara sementara pada tekanan 8.0 kg/cm^2 . Dari *Receiver* ini, udara masuk ke *filter* inlet yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran dan minyak yang terbawa dan kemudian udara masuk melalui 3-way *valve* ke salah satu *Dryer* (A atau B) yang berisi *Silica Gel* atau *Activated Alumina*. Kandungan air di udara (*moisture*) akan diserap oleh *Silica Gel* atau *Activated Alumina* yang bersifat higroskopis. Setelah keluar dari *Dryer*, udara yang telah kering disaring kembali di *filter outlet*. Udara Instrumen yang keluar dari *Dryer* mempunyai tekanan 7.0 kg/cm^2 dan titik embun (*dew point*) sekitar 40°C .

4.7 Unit Pengolahan Limbah

4.7.1 Unit Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair pada perancangan pabrik asam akrilat ini secara garis besar berasal dari limbah proses dan limbah rumah tangga. Secara umum proses pengolahan limbah yang akan digunakan ialah menggunakan pengolahan biologis dengan bantuan *activated sludge* untuk menurunkan nilai BOD dari limbah air yang dihasilkan. Pengolahan sebagian limbah cair berlangsung di water treatment. Sedangkan untuk lokasi pemantauan dari limbah ini terletak pada bak netralisasi, *drainage*, *outfall* dalam, *outfall luar*, dan air laut. Teknik pemantauan dilakukan dengan alat water sampler dan kemudian diukur dalam laboratorium

4.7.2 Unit Pengolahan Limbah Gas

Pengolahan limbah buangan gas pada unit proses perlu mendapatkan penanganan khusus, terutama gas-gas mudah terbakar (*flammable*) yang dapat menyebabkan ledakan. Untuk mencegah terjadinya ledakan, penanganan limbah gas dilakukan gas scrubbing kemudian dialirkan ke *stack*. Namun, sebelum dibuang ke atmosfer, gas hasil proses dari Absorpsi (AB-01) dialirkan ke venturi (gas *scrubber*) untuk di-*spray* air

agar air dapat mengikat gas-gas yang berbahaya jika dibuang ke lingkungan. Air yang telah bercampur dengan dapat dialirkan ke pengolahan limbah cair. Sedangkan, gas yang lolos dari venturi akan dialirkan ke *stack* yang berisi *packing* dan dilakukan *spray* air lagi di dalam *stack* lalu dibuang ke atmosfer

4.7.3 Unit Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat berasal dari unit proses, yaitu reaktor R-01, reaktor R-02, dan kegiatan domestik/rumah tangga. Limbah padat dari kegiatan proses berupa katalis bekas diserahkan ke PT. Pasadena Metric Indonesia sebagai pihak ketiga pengolah limbah B3. Limbah padat dari kegiatan domestik dibuang terlebih dahulu pada Tempat Pembuangan Sementara (TPS) di dalam area pabrik yang terletak di unit pengolahan limbah. TPS berjumlah 3. Setelah limbah padat terkumpul, limbah tersebut akan dikirimkan ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) terdekat.

4.7.4 Unit Pengolahan Limbah B3

Sesuai definisi pada Undang Undang 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang dimaksud dengan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Air buangan dari laboratorium dan limbah cair proses mempunyai karakteristik yang mengandung bahan – bahan kimia berbahaya dan harus dipisahkan dengan proses kimia. Bahan-bahan ini termasuk limbah B3 karena beracun, menyebabkan infeksi, dan bersifat korosif. Selain itu, katalis yang telah habis umurnya juga termasuk limbah B3. Berikut merupakan baku mutu air limbah B3 berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2019 yang dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Baku Mutu Air Limbah B3 (PERMEN LHK, 2019)

Parameter	Konsentrasi Maksimal	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	mg/L
Besi terlarut (Fe)	5	mg/L
Mangan terlarut (mn)	2	mg/L
Barium (Ba)	2	mg/L
Tembaga (Cu)	2	mg/L
Seng (Zn)	5	mg/L
Krom valensi enam	0,1	mg/L
Krom total (Cr)	0,5	mg/L
Kadmium (Cd)	0,05	mg/L
Merkuri (Hg)	0,002	mg/L
Timbal (Pb)	0,1	mg/L
Stanum (Sn)	2	mg/L
Arsen (As)	0,1	mg/L
Selenium (Se)	0,05	mg/L
Nikel (Ni)	0,2	mg/L
Kobalt (Co)	0,4	mg/L
Sianida (CN)	0,05	mg/L
Sulfida	0,05	mg/L
Fluorida (F ⁻)	2	mg/L
Klorin bebas (Cl ₂)	1	mg/L
Amonia bebas (NH ₃ ⁻)	1	mg/L
Nitrat (NO ₃ -N)	20	mg/L
Nitrit (NO ₂ -N)	1	mg/L
Senyawa aktif biru	5	mg/L
Fenol	0,5	mg/L
AOX	0,5	mg/L
PCBs	0,05	mg/L
PCDFs	10	mg/L

PCDDs	10	mg/L
(PERMEN LHK, 2019)		

4.8 Unit Pemeliharaan (*Maintenance*)

Untuk menjaga kestabilan mesin dan operasi seluruh peralatan yang ada di unit-unit pesawat pemipaan, pompa-pompa, maka perlu adanya satu unit pemeliharaan (*maintenance*) yang mampu memberikan *service* dan pelayanan pada setiap unit yang ada. Tugas dan pekerjaan yang ditangani unit pemeliharaan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. *Unit maintenance*, yang meliputi pekerjaan pemeriksaan, pengecekan, pembersihan, dan identifikasi masalah.
- b. *Refresive maintenance*, yang meliputi bidang pekerjaan *service*, ganti suku cadang dan modifikasi alat.
- c. *Rehabilitasi maintenance*, yang meliputi bidang pekerjaan penggantian seperangkat alat proses, perencanaan suku cadang maupun peralatan baru.

Unit *maintenance* yang ada dipabrik ini dibagi dalam tiga sub unit, yaitu:

1. Unit pemeliharaan mekanik, bertugas mengontrol, memperbaiki alat proses, pompa-pompa, dan pipa-pipa.
2. Unit pemeliharaan listrik, bertugas mengontrol, memperbaiki dan pemasangan bila terjadi gangguan pada aliran listrik.
3. Unit instrument, bertugas mengontrol, memperbaiki peralatan-peralatan instrumentasi apabila terjadi gangguan atau kerusakan.

Sedangkan pemeliharaan secara keseluruhan (*overhaul*) dilakukan dua tahun sekali pada bulan januari. Pelaksanaan perawatan secara total meliputi pembersihan *vessel-vessel* dari kerak, pembersihan *exchanger* dan *service* terhadap pompa-pompa.

4.9 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan Hidup

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan suatu ketentuan yang berperan penting dalam menjaga, meminimalkan resiko kecelakaan kerja yang mampu menyebabkan kerusakan, cedera, kerugian hingga kematian. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012

tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menerangkan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan serta kesehatan pekerja melalui upaya pencegahan kecelakaan dan penyakit yang diakibatkan baik oleh pekerjaan atau tidak. Adapun tujuan dari dilaksanakannya program K3 diantaranya yaitu:

- Menjamin keselamatan dan kesehatan kerja karyawan secara menyeluruh, meliputi aspek fisik, sosial, dan psikologis di lingkungan pabrik.
- Memanfaatkan dalam penggunaan perlengkapan dan peralatan kerja dengan benar serta sesuai dengan ketentuan
- Menjamin keamanan dari produk hasil proses produksi
- Menjamin pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi bagi para pegawai dan karyawan yang bekerja di pabrik.
- Meminimalisir adanya potensi kecelakaan kerja yang diakibatkan dari proses kerja
- Meningkatkan semangat, keserasian kerja dan partisipasi kerja
- Menjamin keamanan dan perlindungan bagi para pegawai yang bekerja di pabrik.

4.9.1 Fasilitas Kesehatan

Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan kerja bagi para pekerja/pegawai, perusahaan harus menerapkan aturan K3 dengan baik dan benar selain itu perusahaan harus menyediakan unit-unit yang mendukung dalam pelaksanaan program keselamatan dan kesehatan kerja diantaranya sebagai berikut:

1. Kotak P3K

Kotak P3K menjadi peralatan keselamatan yang wajib ada pada setiap tempat yang ada di pabrik baik di setiap unit operasi maupun di kantor, biasanya kotak P3K akan dilakukan inspeksi rutin setiap bulannya untuk melakukan pengecekan isi kotak P3K. biasanya isi dari

kotak P3K yakni berisikan *Oxygen Spray*, kasa steril, perban, sarung tangan karet, kaca mata *safety*, tourniquet dan lainnya.

2. Petugas P3K

Petugas P3K bertanggungjawab dalam pengecekan dan pemenuhan kelengkapan dalam pemberian pertolongan pertama terhadap semua karyawan yang mengalami kecelakaan kerja ataupun cidera sebelum dibawa ke rumah sakit. Setiap unit atau department dalam pabrik memiliki petugas P3K yang akan menangani apabila terjadi kegawat darurat.

3. Kendaraan Gawat Darurat

Kendaraan gawat darurat merupakan suatu fasilitas yang dipergunakan untuk menangani suatu kejadian yang berpotensi terjadinya kecelakaan kerja. Kendaraan gawat darurat terdiri dari mobil *ambulance* yang berperan untuk mengevakuasi apabila terdapat pekerja yang mengalami kecelakaan kerja. Semua kendaraan gawat darurat harus siap sedia kapan pun apabila dibutuhkan sewaktu terjadi suatu insiden di pabrik. Pemeliharaan mobil, penggunaannya, dan semua fasilitas di dalamnya merupakan tugas pengemudi yang bekerja berdasarkan jadwal *shift*.

4. Asuransi Kesehatan

Semua pekerja atau pegawai pabrik harus terdaftar dalam asuransi kesehatan yang diberikan oleh pabrik misalkan Jamsostek. Jamsostek ini akan memberikan jaminan hari tua, jaminan kecelakaan kerja, jaminan kematian dan jaminan pemeliharaan kesehatan.

5. Poliklinik

Unit poliklinik di perusahaan memiliki tanggung jawab untuk menyelenggarakan pelayanan kesehatan yang komprehensif dan terpadu bagi para pekerja dan keluarganya, baik untuk masalah kesehatan yang timbul akibat pekerjaan maupun kondisi medis umum lainnya.

6. Tenaga Kesehatan

Tenaga kesehatan berperan dalam menjalankan proses pertolongan bagi karyawan atau tenaga kerja yang mengalami kecelakaan ataupun gangguan kesehatan. Tenaga kesehatan sendiri bisa berupa seorang dokter umum dan perawat yang bertugas untuk membantu dokter dalam tugasnya.

7. Pelayanan Kesehatan

Pelayanan Kesehatan merupakan bentuk upaya yang dilakukan oleh suatu pabrik atau perusahaan dalam menjalankan dan menjamin fasilitas kesehatan bagi para pegawai atau tenaga kerja. Pelayanan kesehatan yang diberikan oleh perusahaan berupa di antaranya:

- Pelayanan pencegahan yang bertujuan untuk memberikan pemeriksaan secara rutin bagi para pegawai dan keluarganya, misalkan imunisasi bagi bayi dan ibu hamil
- Rawat jalan dokter umum
- Pelayanan kesehatan pra masa kehamilan, persalinan dan nifas
- Pemeriksaan kesehatan kerja, meliputi pemeriksaan kesehatan berkala, serta penanganan kecelakaan kerja.

8. Gizi Kerja

Dalam upaya peningkatan dan pemenuhan gizi bagi para pegawai atau tenaga kerja maka perusahaan harus memberikan pelayanan kantin khusus yang diperuntukan bagi pegawai atau tenaga kerja. Kantin tersebut harus memberikan makanan dan minuman sehat dengan cara menjaga keseimbangan kalori, vitamin, protein dan karbohidrat disetiap makanan dan minuman yang diberikan kepada para pegawai.

4.9.2 Sistem Keamanan Kerja

Pada perancangan pabrik Sodium Nitrat yang akan dibangun diberikan kelengkapan pada masing-masing area proses dilengkapi sistem keamanan yang meliputi:

a. Tangki penampungan

Pada tangki penampungan yang bersifat korosif harus dilengkapi dengan sistem keamanan:

- Pemberian label dan spesifikasi bahannya
- Pengecekan secara berkala oleh petugas K3

b. Pompa

Unit pompa yang terdapat di pabrik harus memiliki penutup dan harus dilakukan pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

c. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan yang terdapat pada pabrik sodium nitrat harus dilakukan pengecatan atau pemberian warna sesuai dengan fungsi masing-masing, misalnya fluida panas dengan pipa yang dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin dicat dengan warna biru. Selain itu harus dilakukan pemeriksaan secara berkala guna mencegah adanya penyumbatan yang terjadi pada pipa, dan harus dilakukan inspeksi atau pengecekan secara rutin oleh petugas K3.

d. *Heat Exchanger*

Pada area dekat unit pertukaran panas dipasang sebuah *heater* yang dilengkapi oleh isolator sehingga dapat meredam apabila terjadi radiasi panas yang tinggi, kemudian untuk bagian unit *boiler* harus mempunyai level suara dengan batas 85dB.

e. Alat Pelindung Diri (APD)

Guna menjamin perlindungan pekerja dari potensi bahaya, perusahaan mengimplementasikan sistem keselamatan kerja yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas keselamatan bagi tenaga kerja, antara lain:

- Helm

Helm adalah alat pelindung kepala yang dirancang untuk mencegah cedera akibat benturan atau benda jatuh.

- *Safety Glass*

Kacamata pengaman dirancang khusus untuk melindungi mata dari potensi bahaya di tempat kerja. Alat ini sangat penting bagi karyawan yang bekerja di area perawatan, bengkel, dan ruang kontrol kualitas atau laboratorium.

- Sarung Tangan

Sarung tangan untuk melindungi tangan pekerja dari kontak langsung dengan bahan berbahaya atau kondisi yang menyebabkan panas atau iritasi.

- *Safety Shoes*

Sepatu keselamatan atau safety shoes, adalah pelindung kaki yang dirancang untuk mencegah cedera akibat benda berat yang jatuh dan tumpahan bahan kimia.

- *Earplug*

Penyumbat telinga berfungsi untuk melindungi indra pendengaran pekerja dari suara bising yang berlebihan.

- Masker

Sebagai alat pelindung diri, masker berfungsi untuk mencegah tenaga kerja menghirup debu, gas beracun, dan zat korosif yang terdapat di udara.

- *Wearpack*

Baju keselamatan kerja memiliki fungsi untuk memberikan perlindungan kepada pekerja dari berbagai risiko dan bahaya yang mungkin timbul selama aktivitas pekerjaan, seperti terjatuh, terkena benda tajam, dan melindungi dari suhu ekstrem.

f. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Untuk proteksi kebakaran, pabrik dilengkapi dengan APAR jenis *Foam and Powder*. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam pemasangan APAR adalah:

- Tinggi APAR harus berada 150 cm dari lantai
- Standar jarak penempatan antar APAR yang satu dengan yang APAR yang lain sekitar 15 meter

- Setiap APAR memiliki Instruksi Kerja (IK) terlampir yang memuat informasi penting seperti jenis APAR, tanggal dilakukannya pemeriksaan, serta batas waktu penggunaannya (tanggal kedaluwarsa).
- Lokasi pemasangan APAR wajib memiliki penomoran yang jelas serta keterangan tertulis mengenai status APAR, seperti kondisi fisik (baik)

g. Sistem Izin Kerja

Guna meminimalisir potensi kecelakaan pada pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi, penerapan sistem izin kerja sangat penting di lingkungan pabrik. Sistem ini mencakup berbagai jenis pekerjaan, seperti pekerjaan yang melibatkan panas, pengelasan, ketinggian, ruang terbatas, dan instalasi listrik. Sebelum memulai pekerjaan, pekerja wajib mengajukan izin kepada atasan atau pengawas yang kemudian akan diteruskan ke petugas keselamatan.

h. Area pabrik secara umum atau keseluruhan

- Pada setiap *plant* diberikan *hydrant* yang berguna untuk mencegah atau menanggulangi potensi terjadinya kebakaran.
- Memberikan alarm peringatan pada setiap *plant* sebagai tanda peringatan apabila terjadi keadaan gawat darurat
- Setiap *plant* atau *department* diberikan tangga darurat yang berfungsi untuk jalan evakuasi pegawai apabila terjadi kebakaran
- Di setiap *plant* diberikan jalan yang cukup untuk dilewati oleh kendaraan sehingga mudah dilalui kendaraan apabila terjadi insiden.

4.9.3 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik

Proses produksi di pabrik ini menunjukkan adanya potensi bahaya yang kompleks, meliputi kondisi lingkungan kerja, tahapan produksi, dan peran penting faktor manusia dalam menjalankan operasi. Beberapa potensi bahaya tersebut meliputi:

a. Terjatuh

Jatuh dari ketinggian merupakan ancaman serius bagi keselamatan pekerja, dengan potensi menyebabkan cedera berat, disabilitas permanen, bahkan kematian. Pekerjaan yang memiliki risiko tinggi terjatuh meliputi aktivitas di ketinggian, penggunaan tangga, dan inspeksi material yang dimuat di atas truk.

b. Percikan Bahan Kimia

Dalam operasional pabrik Sodium Nitrat, penting bagi seluruh tenaga kerja untuk selalu waspada terhadap berbagai risiko kecelakaan. Ini meliputi bahaya percikan akibat tumpahan bahan kimia, kebocoran dari pipa, tangki, maupun alat produksi, serta ancaman paparan gas-gas sisa reaksi yang mungkin terlepas ke lingkungan.

c. Tertabrak

Pabrik merupakan area dengan lalu lintas kendaraan berat yang padat, di mana truk dan *forklift* bergerak secara terus-menerus, menciptakan potensi risiko kecelakaan yang tinggi.

d. Terpapar Bahan Panas

Dalam konteks ini, sumber panas yang dimaksud merujuk pada suhu tinggi yang dihasilkan oleh pembakaran atau peralatan kerja, bukan yang berasal dari sifat bahaya kimia suatu zat.

e. Kebakaran

Percikan api dari aktivitas pengelasan dan pemotongan logam di area pemeliharaan, serta bahan mudah terbakar di gudang, adalah penyebab utama risiko kebakaran. Korsleting listrik juga berperan signifikan dalam memicu kebakaran.

4.10 Unit Laboratorium

Bagian laboratorium memegang peranan penting dalam pabrik, karena dari laboratorium ini data-data tentang *raw material* dan produk akan diperoleh. Dengan data-data yang diberikan maka proses produksi dapat dikontrol dan dijaga standar mutu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain itu juga

dapat digunakan untuk menganalisa baku mutu limbah yang keluar dari unit pengolahan limbah yang ada di pabrik. Tugas pokok laboratorium adalah sebagai berikut:

- Sebagai pengontrol kualitas bahan baku, apakah sudah memenuhi spesifikasi atau tidak.
- Sebagai pengontrol kualitas produk, apakah sudah memenuhi standar spesifikasi atau belum.
- Melakukan kontrol dan analisa terhadap jalannya proses produksi yang ada kaitannya dengan tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair, maupun limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi
- Melakukan analisa dan kontrol terhadap mutu air, air pendingin, air umpan *boiler*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

4.10.1 Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya penegndalian mutu produk, diperlukan upaya untuk mengoptimalkan aktivitas laboratorium pengujian mutu. Adapun analisa yang dilakukan pada proses pembuatan maleic anhydride adalah sebagai berikut:

- Analisa bahan baku Propylene meliputi: analisa kadar hidrokarbon, viskositas, specific gravity. Sedangkan, analisa untuk udara yang digunakan dalam reaksi adalah humiditas dan specific gravity.
- Analisa terhadap produk utama yaitu asam akrilat, yang meliputi analisa kemurnia, kadar impuritas, viskositas, specific gravity.

Sedangkan analisa di unit utilitas meliputi:

- Analisa *boiler feed water* (BFW), meliputi analisa *dissolved oxygen*, pH, *hardness*, *total solid*, *suspended solid*, serta *oil* dan *organic matter*
- Analisa air proses penjernihan, yang dianalisa adalah pH, SiO₂, Ca sebagai CaCO₃, sulfur sebagai SO₄⁺, chlor sebagai Cl₂ dan zat terlarut.
- Analisa penukar ion, meliputi kesadahan CaCO₃, silikat sebagai SiO₂
- Analisa *cooling water* meliputi pH jenuh CaCO₃ dan indeks langelier
- Analisa air minum meliputi analisa pH, *chlor* sisa dan kekeruhan.

Berikut ini tabel perincian program kerja dari laboratorium di Pabrik Asam Akrilat untuk menganalisa bahan baku, produk, air yang digunakan dalam proses, maupun pada unit utilitas. Berikut merupakan Parameter yang akan diuji pada Laboratorium yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 4.9 Parameter Uji Program Laboratorium

Parameter Uji	Tujuan Pengujian	Alat Uji
Analisa Bahan Baku Propilen	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kemurnian propylene, kadar propilen dan propan 	GC-MS
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa <i>specific gravity</i> 	<i>Effusiometer</i>
Analisa Udara	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa <i>humidity dan temperature</i> 	<i>Hygrometer</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa <i>specific gravity</i> 	<i>Effusiometer</i>
Analisa Produk Asam Akrilat	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kemurnian, kadar As. Akrilat, As. Asetat dan air 	GC-MS
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa <i>specific gravity</i> 	<i>Effusiometer</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa viskositas 	Viskosimeter
Analisa Air Sanitasi	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kekeruhan air 	<i>Turbidity meter</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa pH 	pH meter
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kadar TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) 	TDS meter
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kandungan logam pada air 	AAS
Analisa BFW (<i>Boiler feed water</i>) dan CW (<i>Cooling Water</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa <i>dissolved oxygen</i> (oksigen terlarut dalam air) 	DO Meter
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kadar BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>) 	BOD Meter
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa kadar TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) 	TDS Meter
	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa pH 	pH Meter

• Analisa kesadahan air	<i>Water</i>
• Analisa kandungan logam pada air	<i>Hardness</i>
• Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Tester</i>
	AAS

A. Laboratorium Fisik

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan pemeriksaan dan pengamatan terhadap semua stream yang berasal dari proses produksi maupun angkiserta mengeluarkan “*Certificate of Quality*” untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir, dan produk samping. Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat fisika dan kandungan kimiawi bahan baku, produk akhir seperti *specific gravity*, viskositas kinematik, kandungan air dan lain-lain.

B. Laboratorium Analitik

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat kandungan kimiawi bahan baku, bahan penunjang, produk intermediate, produk akhir, kadar air dan bahan-bahan kimia yang digunakan misalnya zat adiktif, kadar impuritas bahan baku maupun produk akhir.

C. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dengan proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan dan senantiasa melakukan penelitian terhadap kondisi lingkungan.

D. Metode Analisa

Metoda analisa dan instruksi kerja untuk analisa dikerjakan sesuai dengan instruksi kerja yang disusun sedemikian rupa dengan acuan dari berbagai standar analisa, antara lain ASTM, SII, DIN, dan JIS.

Alat Analisa

- a. *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS), untuk menganalisa kandungan Fe, Si, Cu, dan logam lainnya pada air, serta analisa silikat sebagai SiO₂ pada resin penukar ion.
- b. *Gas Chromatography - Mass Spectrometry* (GC-MS), untuk menganalisa kandungan dan besar komposisi dari bahan baku gas dan produk cair.
- c. *Effusiometer*, untuk mengukur *specific gravity* fluida gas.
- d. *Hydrometer*, untuk mengukur *specific gravity* fluida cair.
- e. *Hygrometer*, untuk mengukur kelembaban (*humidity*) dan suhu gas.
- f. *Viscosimeter*, untuk mengukur viskositas cairan
- g. pH-meter, untuk mengetahui tingkat keasaman dan kebasaan cairan.
- h. *Turbidity meter*, untuk mengukur tingkat kekeruhan air.
- i. DO (*Dissolved oxygen*) meter, untuk mengukur jumlah oksigen terlarut pada air.
- j. BOD (*Biological Oxygen Demand*) meter, untuk mengukur jumlah oksigen dalam air yang dibutuhkan untuk mikroorganisme hidup di air tersebut.
- k. *Water Hardness Tester*, untuk menganalisa kesadahan air.
- l. TDS (*Total Suspended Solid*) meter, untuk mengukur jumlah padatan terlarut dalam air.

BAB V

MANAJEMEN PERUSAHAAN

Manajemen perusahaan adalah salah satu prioritas utama dalam pendirian suatu perusahaan. Unsur-unsur dalam manajemen perusahaan tersebut tidak dapat dipisahkan dalam upaya mencapai tujuan perusahaan.

5.1 Bentuk Perusahaan

Perusahaan merupakan suatu unit kesatuan yang melakukan kegiatan pengolahan faktor-faktor distribusi untuk menghasilkan barang atau jasa. Tujuan utama perusahaan yaitu untuk menghasilkan keuntungan/profit. Sedangkan, badan usaha adalah kesatuan hukum yang merupakan alat dari perusahaan dalam rangka mencari keuntungan. Pemilihan bentuk kepemilikan bisnis merupakan langkah awal dalam menjalankan kegiatan bisnis karena berhasil atau tidaknya bisnis yang dijalankan juga tergantung dari hal tersebut. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih bentuk perusahaan yang akan didirikan, antara lain:

- Jumlah modal yang diperlukan untuk memulai usaha.
- Kemungkinan penambahan modal yang diperlukan.
- Metode dan luasnya pengawasan terhadap perusahaan.
- Rencana penentuan tanggung jawab.
- Besar kecilnya resiko yang harus dihadapi.

Bentuk-bentuk badan usaha jika ditinjau secara hukum, antara lain:

1. Perseorangan

Bentuk usaha yang kepemilikannya dimiliki oleh satu orang dimana modal, manajemen, kepemimpinan, dan resiko ditanggung oleh satu orang. Individu dapat membuat usaha perseorangan tanpa izin dan tata cara tertentu. Pada umumnya usaha perseorangan bermodal kecil, terbatasnya dalam jenis maupun jumlah produksi, memiliki tenaga kerja yang sedikit serta penggunaan alat produksi dengan teknologi sederhana (Lingga, 2006).

2. Firma (Fa)

Firma merupakan suatu bentuk persekutuan bisnis yang terdiri dari dua atau lebih dengan nama bersama yang tanggung jawabnya terbagi rata tidak terbatas pada setiap pemiliknya (Lingga, 2006).

3. Persekutuan Komanditer (CV)

Persekutuan komanditer (CV) adalah bentuk usaha bisnis yang didirikan dan dimiliki oleh dua orang atau lebih untuk mencapai tujuan bersama dengan tingkat keterlibatan yang berbeda-beda diantara anggotanya serta modalnya tidak terbagi atas saham- saham. Salah satu pihak dalam CV mengelola usaha secara aktif yang melibatkan harta pribadi (sekutu aktif) sedangkan pihak lainnya hanya menyertakan modal saja tanpa harus melibatkan harta pribadi (sekutu pasif) ketika krisis finansial. Namun beberapa CV juga memiliki jenis sekutu lain seperti sekutu terbatas, sekutu rahasia, dan lain- lain. Keuntungan usaha merupakan penghasilan bagi CV sebagai wajib pajak badan, sedangkan penghasilan seorang investor dari penanaman modal di CV merupakan penghasilan berupa pembagian laba (Lingga, 2006).

4. Perseroan Terbatas (PT)

Perseroan Terbatas (PT) adalah organisasi bisnis yang memiliki badan hukum resmi yang dimiliki oleh minimal dua orang dengan tanggung jawab yang hanya berlaku pada perusahaan tanpa melibatkan harta pribadi perseorangan yang ada didalamnya. Pada PT pemilik modal tidak harus memimpin perusahaan karena dapat menunjuk orang lain di luar pemilik modal untuk menjadi pemimpin. Untuk mendirikan PT dibutuhkan sejumlah modal minimal dalam jumlah tertentu dan berbagai persyaratan lainnya (Lingga, 2006). Kepemilikan perusahaan dihitung berdasarkan kepemilikan sero atau saham. Saham (*stock, shares*) merupakan surat berharga tanda kepemilikan modal yang dikeluarkan oleh

suatu PT. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas, Perseroan Terbatas (PT) adalah badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam undang-undang serta peraturan pelaksanaannya. Modal perusahaan terdiri dari saham-saham yang dapat diperjual belikan sehingga perubahan kepemilikan perusahaan dapat dilakukan tanpa perlu membubarkan perusahaan.

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk perancangan pabrik Asam Akrilat yang didirikan di kawasan industri Indramayu ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan status perusahaan terbuka (Tbk.) yang mendapatkan modal dari penjualan saham ke publik melalui Bursa Efek. Dalam PT tanggung jawab dari para pemegang saham Perseroan Terbatas berdasarkan pada jumlah saham yang dia miliki tanpa melibatkan harta pribadi atau perseorangan yang ada di dalamnya. Kekuasaan tertinggi dalam PT dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) dan setiap pemegang saham memiliki hak saham yang dimiliki dan bila seorang pemegang saham tidak dapat hadir dalam rapat umum, maka hak suaranya dapat diserahkan kepada orang lain.

Ada beberapa faktor pertimbangan yang menjadi alasan perusahaan ini didirikan dalam bentuk badan usaha Perseroan Terbatas antara lain:

- a. PT memiliki jangka waktu hidup yang tidak terbatas (*eternal live*).
- b. PT memiliki sistem tanggung gugat terbatas, dimana batas pertanggungjawaban seorang pemegang saham pada dasarnya hanya dibatasi sampai dengan jumlah saham yang dimilikinya kecuali jika ada alasan untuk mengubahnya menjadi tanggungjawab pribadi berdasarkan *doktrin piercing the corporate veil*.
- c. Wewenang dan tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

- d. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan dipasar modal dan meminta pinjaman dari pihak yang berkepentingan seperti badan usaha atau perseorangan.
- e. Mudah untuk memindahkan hak milik dengan menjual saham kepada orang lain.
- f. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena mudah memperoleh tambahan modal untuk memperluas volume usaha, misalnya dengan menambah volume saham.
- g. Pemilik dan pengurus perusahaan berbeda satu sama lain, sehingga pemusatan manajemen, yang memungkinkan segala urusan pengelolaan perusahaan diserahkan kepada sekelompok orang yang dinilai profesional (direksi) dan pengawasannya juga diserahkan kepada sekelompok orang yang memiliki kompetensi (komisaris).
- h. Efektifitas Manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris dan Dewan Direksi yang cakap dan berpengalaman.
- i. Memiliki status sebagai badan hukum, sehingga PT merupakan subjek hukum dan mandiri, status sebagai badan hukum juga membuka kemungkinan usaha lebih luas.
- j. Lebih fleksibel, karena hampir semua bentuk kegiatan ekonomi terbuka bagi PT. Sedangkan kelebihan dan kekurangan Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut,

Kelebihan:

- a. Modal yang dikumpulkan lebih besar yaitu melalui penjualan saham
- b. Kemampuan untuk mendapatkan pinjaman kredit sebagai modal usaha dari bank menjadi lebih mudah
- c. Lebih mudah untuk melakukan perluasan dan pengembangan usaha

- d. Kelangsungan hidup PT lebih terjamin dan dapat dilakukan dalam jangka panjang, selama perusahaan belum mengalami kebangkrutan
- e. Manajemen dapat dikembangkan dan dilakukan lebih baik.

Kekurangan:

- a. Saham–sahamnya mudah di perdagangkan sehingga menimbulkan spekulasi
- b. Rahasia perusahaan kurang terjamin karena seluruh kegiatan perusahaan harus dilaporkan kepada pemilik modal atau saham
- c. Memerlukan modal yang besar untuk mendirikan dan menjalankan operasional perusahaan
- d. Pajak perusahaan menjadi lebih besar
- e. Keputusan tidak dapat diambil dengan cepat karena perlu dilakukan rapat terlebih dahulu dengan dewan direksi.

5.2 Struktur Organisasi

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan dalam perusahaan yang dapat mempengaruhi kelancaran komunikasi serta kinerja pekerja dan perusahaan

Bahwa dalam menentukan sistem organisasi perusahaan perlu diperhatikan beberapa hal sebagai dasar pemilihan antara lain:

- a. Perumusan tujuan perusahaan yang jelas
- b. Pendelegasian wewenang
- c. Pembagian tugas kerja dengan jelas
- d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e. Sistem kontrol pekerjaan
- f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan dasar-dasar diatas, maka dipilih sistem organisasi *Line and Staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis pada pembagian tugas kerja, yang mana seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Hal yang bersangkutan dengan pemilihan keputusan dalam perusahaan diputuskan oleh pimpinan dan staf yang tergabung dalam suatu dewan. Pembentukan staf ahli dimaksudkan untuk mempermudah dalam mencapai kelancaran produksi. Staf ahli merupakan orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli memberi bantuan pemikiran dan nasehat kepada Dewan Direksi demi tercapainya kelancaran produksi.

Ada dua kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi sistem *Line and Staff* ini, yaitu:

1. Sebagai *line* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang - orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Karyawan dibagi dalam dua penjadwalan kerja yaitu karyawan *daily* dan karyawan *shift*. Karyawan *shift* merupakan karyawan yang bekerja dengan sistem *shifting* dan dibagi dalam beberapa kelompok regu.

Perusahaan ini dirancang dengan bentuk perseroan terbatas yang dipimpin oleh pemegang saham yang diwakili oleh dewan komisaris. Tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Teknik, Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum, serta Direktur Komersial. Direktur membawahi Manajer yang memimpin unit kerja kompartemen yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Manajer memimpin unit kerja departemen, masing - masing manajer akan membawahi beberapa *superintendent* yang memimpin unit kerja Bagian. Unit kerja bagian terdiri dari beberapa unit kerja

Seksi yang dipimpin oleh *Supervisor*. Struktur organisasi lebih jelas dapat diamati pada Gambar 5.1.

5.3 Tugas dan Wewenang

A. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan sekumpulan orang yang mengumpulkan modal untuk mendirikan pabrik dan kepentingan berjalannya operasi pabrik. Para pemegang saham ini adalah pemilik perusahaan berdasarkan kepemilikan sahamnya. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang biasanya dilakukan setahun sekali. Berdasarkan pada UU no 40 tahun 2007, pemegang saham berwenang pada RUPS memiliki wewenang sebagai berikut:

- a. Mengangkat, mengganti dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b. Mengangkat, mengganti dan memberhentikan Dewan Direksi
- c. Dalam forum RUPS, pemegang saham berhak memperoleh keterangan yang berkaitan dengan Perseroan dari Dewan Direksi dan/atau Dewan Komisaris,
- d. Mengesahkan rencana kerja, laporan tahunan dan penggunaan laba bersih termasuk penentuan jumlah penyisihan untuk cadangan perusahaan, yang kemudian sisa laba bersih akan dibagikan kepada pemegang saham sebagai dividen.

B. Dewan Komisaris

Merupakan pelaksana tugas keseharian pemilik saham perusahaan. Sistemnya dipimpin oleh komisaris utama. Berdasarkan Peraturan OJK No. 57 Tahun 2017 Pasal 18, jumlah anggota dewan komisaris tidak melebihi jumlah anggota dewan direksi. Namun, dalam Pasal 19 menyebutkan bahwa perusahaan wajib memiliki 1 orang komisaris independent. Sehingga, dewan komisaris berjumlah 2 orang. Dewan komisaris memiliki tugas dan wewenang sebagai

berikut :

- a. Wajib dengan itikad baik, kehati-hatian, dan bertanggung jawab dalam menjalankan tugas pengawasan dan pemberian nasihat kepada Dewan Direksi serta memberikan laporan tentang tugas pengawasan yang telah dilakukan selama 1 tahun buku yang lampau kepada RUPS.
- b. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- c. Ikut bertanggung jawab secara pribadi atas kerugian perseroan apabila yang bersangkutan bersalah atau lalai menjalankan tugasnya.
- d. Mempertanggungjawabkan perusahaan kepada pemegang saham.

C. Dewan Direksi

Dewan direksi merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab terhadap kemajuan perusahaan. Dewan Direksi melakukan pengurusan terhadap harta kekayaan perseroan dan manajemen perusahaan. Dewan direksi terdiri dari Presiden Direktur, Direktur Produksi dan Teknik, Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum, serta Direktur Komersial. Presiden Direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan.

1. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan ini dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap perusahaan kepada dewan komisaris. Tugas dan wewenang Presiden Direktur antara lain:

- a. Melaksanakan kebijaksanaan perusahaan dan mempertanggung-jawabkan pekerjaannya kepada pemegang saham pada masa akhir jabatannya.

- b. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan dan konsumen.
 - c. Mengangkat dan memberhentikan direktur dengan persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham.
 - d. Mengkoordinasikan tugas kerja dengan Direktur Produksi dan Teknik, Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum, serta Direktur Komersial.
 - e. Mengawasi proses keberjalanan bisnis dan melakukan evaluasi keberjalanannya
2. Direktur Produksi dan Teknik
- Tugas dari Direktur Produksi dan Teknik antara lain:
- a. Bertanggung jawab kepada Presiden Direktur di bidang produksi dan teknik.
 - b. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan unit kerja Kompartemen Produksi dan Kompartemen Teknik.
 - c. Melakukan pengawasan terhadap proses produksi supaya kualitas, kuantitas, dan waktu sesuai dengan rencana.
 - d. Menjamin dan menyelenggarakan kesehatan dan keselamatan kerja dilingkungan perusahaan
 - e. Melakukan penelitian dan pengembangan produk serta proses produksi.
3. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum
- Tugas dari Direktur Produksi dan Teknik antara lain:
- a. Bertanggung jawab kepada Presiden Direktur dibidang SDM (sumber daya manusia) dan pelayanan umum.

- b. Bertanggung jawab atas *recruitment* dan seleksi, mendesain dan menganalisis pekerjaan, serta orientasi dan penempatan karyawan.
- c. Mengawasi penghitungan kompensasi karyawan, tunjangan, kepegawaian, tindakan afirmatif, hubungan karyawan, kesehatan, keselamatan, dan fungsi pelatihan serta pengembangan karyawan.
- d. Mengembangkan strategi perencanaan SDM jangka pendek dan panjang.

4 Direktur Komersial

Tugas dari Direktur Komersial antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Presiden Direktur di bidang pemasaran dan pengadaan, pengembangan bisnis, keuangan dan akuntansi.
- b. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan Kompartemen Keuangan dan Kompartemen Pemasaran.
- c. Menyusun, mengatur, menganalisis, mengimplementasi dan mengevaluasi manajemen pemasaran, penjualan dan promosi secara bertanggungjawab bagi perkembangan dan kemajuan perusahaan.
- d. Menciptakan, menumbuhkan, dan memelihara kerja sama yang baik dengan konsumen.
- e. Merencanakan dan mengkoordinasikan penyusunan anggaran perusahaan, serta mengontrol penggunaan anggaran tersebut untuk memastikan penggunaan dana secara efektif dan efisien dalam menunjang kegiatan operasional perusahaan.
- f. Merencanakan, mengkoordinasi, dan mengontrol arus kas

perusahaan (*cash flow*), terutama pengelolaan utang piutang.

D. Sekretaris

Secara umum fungsi sekretaris adalah sebagai pejabat penghubung dalam komunikasi dengan stake holder untuk meningkatkan loyalitas para stake holder. Selain itu, menyusun laporan manajemen serta kegiatan yang berhubungan dengan kesekretariatan, penanganan hukum, dan sistem manajemen informasi perusahaan. Berikut ini tugas pokok dari sekretaris:

- a. Memberi masukan dari aspek hukum kepada direktur berkaitan dengan operasionalisasi dan pengembangan usaha perusahaan.
- b. Mengkoordinasikan perizinan berkaitan dengan perusahaan.
- c. Mengkoordinasikan bahan laporan untuk rapat komisaris dan RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham).
- d. Melaksanakan kegiatan kesekretariatan perusahaan

E. Staf Ahli

Staf ahli merupakan staf khusus yang berada dibawah pertanggungjawaban direktur secara langsung yang bertugas untuk memberi saran atau rekomendasi terhadap keberlangsungan usaha perusahaan. Staff ahli berasal dari bidang teknik sehingga paham tentang usaha industri kimia.

F. Manajer

Manajer mempunyai semua tanggung jawab kepada seluruh fungsional di suatu organisasi atau perusahaan. Manajer memimpin unit kerja Kompartemen. Manajer bertugas untuk mengkoordinasikan Kepala Bagian dibawahnya yang memimpin beberapa unit kerja Departemen. Manajer bertugas untuk mengambil tanggung jawab dan sebuah keputusan atas tercapainya sebuah tujuan perusahaan serta sebagai fungsi inti dalam perusahaan dan pengendali seluruh tugas. Pada pabrik ini memiliki Manajer sebagai berikut.

1. Manajer Produksi
2. Manajer Teknik
3. Manajer Sumber Daya Manusia (SDM) dan Umum
4. Manajer Pemasaran
5. Manajer Keuangan

G. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan tugasnya dan bertanggung jawab kepada Manajer yang menangani bagian tersebut. Kepala bagian merupakan orang yang bertanggung jawab penuh pada unit kerja Departemen. Pada pabrik ini memiliki Kepala bagian sebagai berikut.

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Produksi dibawah naungan unit kerja Kompartemen Produksi. Departemen Produksi memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Material
- b. Kepala Seksi Utilitas
- c. Kepala Seksi *Packing* dan Pergudangan

2. Kepala Bagian Pengawasan Proses

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Pengawasan Proses dibawah naungan unit kerja Kompartemen Produksi. Departemen Pengawasan Proses memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Proses Pabrik
- b. Kepala Seksi Laboratorium dan Kalibrasi

3. Kepala Bagian K3, HSE, dan Inspeksi

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen K3, HSE, dan Inspeksi dibawah naungan unit kerja Kompartemen Produksi. Departemen K3, HSE, dan Inspeksi memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi K3 (Kesehatan & Keselamatan Kerja)
- b. Kepala Seksi HSE (*Health Safety Environment*)
- c. Kepala Seksi *Rescue* & Pemadam Kebakaran
- d. Kepala Seksi Audit

4. Kepala Bagian Riset dan Pengembangan

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Riset dan Pengembangan dibawah naungan unit kerja Kompartemen Produksi. Departemen Riset dan Pengembangan memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Riset
- b. Kepala Seksi *Product Development*
- c. Kepala Seksi Pengembangan Proses

5. Kepala Bagian Pemeliharaan

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Pemeliharaan dibawah naungan unit kerja Kompartemen Teknik. Departemen Pemeliharaan memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Pemeliharaan Mekanik dan *Instrument*
- b. Kepala Seksi Pemeliharaan Listrik

6. Kepala Bagian Peralatan dan Fabrikasi

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Peralatan dan Fabrikasi dibawah naungan unit kerja Kompartemen Teknik. Departemen Peralatan dan Fabrikasi memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Fabrikasi
- b. Kepala Seksi Alat-alat Berat
- c. Kepala Seksi *Workshop*

7. Kepala Bagian Teknologi

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Teknologi dibawah naungan unit kerja Kompartemen Teknik. Departemen Teknologi memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Pengembangan Sistem
- b. Kepala Seksi Infrastruktur

8. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengembangan SDM

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Perencanaan dan Pengembangan SDM dibawah naungan unit kerja Kompartemen SDM. Departemen Perencanaan dan Pengembangan SDM memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Pengembangan Organisasi & SDM
- b. Kepala Seksi Pelatihan & *Assesment*

9. Kepala Bagian Pelayanan Umum

Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Pelayanan Umum dibawah naungan unit kerja Kompartemen SDM. Departemen Pelayanan Umum memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:

- a. Kepala Seksi Pemeliharaan Kebersihan Lingkungan
 - b. Kepala Seksi Pengamanan
10. Kepala Bagian Kesehatan
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Kesehatan dibawah naungan unit kerja Kompartemen SDM. Departemen Kesehatan memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi Pelayanan Keperawatan
 - b. Kepala Seksi Penunjang Medis & Non Medis
11. Kepala Bagian Pengelolaan SDM
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Pengelolaan SDM dibawah naungan unit kerja Kompartemen SDM. Departemen Pengelolaan SDM memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi Kesejahteraan & Fasilitas
 - b. Kepala Seksi Penggajian Karyawan
12. Kepala Bagian Promosi dan Creative Media
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Promosi dan *Creative Media* dibawah naungan unit kerja Kompartemen Pemasaran. Departemen Promosi dan *Creative Media* memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi *Creative Media* dan Informasi
 - b. Kepala Seksi Promosi dan *Branding*
13. Kepala Bagian Penjualan
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Penjualan dibawah naungan unit kerja Kompartemen Pemasaran. Departemen Penjualan memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi Penjualan Korporasi

- b. Kepala Seksi Penjualan Retail
 - c. Kepala Seksi Distribusi Produk
14. Kepala Bagian Business Development
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen *Business Development* dibawah naungan unit kerja Kompartemen Pemasaran. Departemen *Business Development* memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi Ekspansi Bisnis
 - b. Kepala Seksi Business Partnership
 - c. Kepala Seksi Pengembangan Pasar
15. Kepala Bagian Keuangan
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Keuangan dibawah naungan unit kerja Kompartemen Keuangan. Departemen Keuangan memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi Pendanaan dan Analisa Pasar
 - b. Kepala Seksi Perbendaharaan dan Asuransi
 - c. Kepala Seksi Pajak dan Penagihan
 - d. Kepala Seksi Pengadaan Suku Cadang
16. Kepala Bagian Akuntansi dan Anggaran
- Merupakan pimpinan pada unit kerja Departemen Akuntansi dan Anggaran dibawah naungan unit kerja Kompartemen Keuangan. Departemen Akuntansi dan Anggaran memiliki beberapa unit kerja bagian yang dipimpin oleh:
- a. Kepala Seksi Penyusunan Anggaran
 - b. Kepala Seksi Akuntansi Manajemen
 - c. Kepala Seksi Akuntansi Finansial
 - d. Kepala Seksi Realisasi & Pengendalian Anggaran

H. Kepala Seksi

Kepala seksi (*supervisor*) merupakan orang yang memimpin suatu unit kerja seksi. *Supervisor* bertanggung jawab dalam memastikan semua pekerjaan dilaksanakan dengan baik sehingga semua tahapan proses berjalan lancar. *Supervisor* bertugas mengontrol dan mengevaluasi kinerja karyawan dibawahnya. *Supervisor* memiliki fungsi *planning, organizing, staffing, directing, dan controlling* suatu pekerjaan pada karyawannya.

5.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam dalam satu hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan perawatan dan *turn around*. Pembagian kerja dibagi menjadi dua golongan yaitu karyawan *shift* dan karyawan *non-shift*. Berdasarkan UU RI No. 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan, jam kerja yang diperbolehkan untuk tenaga kerja adalah 40 jam dalam seminggu.

1. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan *non shift* adalah direktur, manajer, staf ahli, sekretaris perusahaan, *superintendent, supervisor*, serta bagian administrasi. Rincian jadwal kerja karyawan *non shift* adalah sebagai berikut:

- Senin – Kamis : 07.00 – 16.00 (Istirahat: 12.00 – 13.00)
- Jumat : 07.00 – 16.30 (Istirahat : 11.30 – 13.00)

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang menangani proses produksi secara langsung dan bagian yang berhubungan dengan keamanan pabrik. Yang termasuk karyawan *shift* adalah operator produksi, karyawan bagian produksi, dan bagian keamanan. Pembagian *shift* karyawan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pembagian *Shift* Karyawan

<i>Shift</i>	Karyawan Operasi	Karyawan Keamanan
Pagi	Jam 07.00 – 15.00	Jam 06.00 – 14.00
Sore	Jam 15.00 – 23.00	Jam 14.00 – 22.00
Malam	Jam 23.00 – 07.00	Jam 22.00 – 06.00

Karyawan *shift* dibagi dalam 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu libur, dan diberlakukan secara bergantian. Tiap regu akan mendapat giliran 5 hari kerja 1 hari libur pada *shift* pagi dan siang dan 5 hari kerja 3 hari libur pada *shift* malam. Untuk jadwal kerja setiap regu dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Jadwal Kerja Untuk Setiap Regu

Regu/Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Regu 1	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S	S	L	M	M
Regu 2	P	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
Regu 3	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	L	P	P	P	P
Regu 4	M	M	M	L	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S
Regu/Hari	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Regu 1	M	M	M	L	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S
Regu 2	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S	S	L	M	M
Regu 3	P	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
Regu 4	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	L	P	P	P	P

Keterangan :

M : *Shift* malam

S : *Shift* sore

P : *Shift* pagi

L : Libur

5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah

Kebutuhan dan sistem gaji karyawan tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian karyawan. Pembagian kelompok karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapatkan gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan oleh direksi tanpa SK, dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang dipekerjakan oleh pabrik bila diperlukan saja.

Karyawan ini menerima upah borongan untuk pekerjaannya.

Disamping gaji rutin, setiap karyawan memperoleh bonus keuntungan tahunan yang biasanya tergantung laju produksinya. Bagi karyawan yang lembur diberikan upah tambahan dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Untuk hari biasa, lembur 1 jam pertama sebesar 1,5 kali upah/jam.
2. Untuk hari minggu dan hari libur besarnya 2 kali upah/jam.
3. Bagi karyawan yang dipanggil untuk bekerja di pabrik di luar jam kerja akan diberikan tambahan upah.

5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

5.6.1 Penggolongan Jabatan

Pembagian jabatan harus berdasarkan dengan pendidikan tenaga kerja. Pada Tabel 5.3. dapat dilihat pembagian jabatan berdasarkan pendidikan.

Tabel 5.3. Jabatan dan Pendidikan

No.	Jabatan	Prasyarat
1	Dewan Komisaris	Magister Manajemen/Ekonomi Sarjana Umum
2	Direktur Utama	Magister Teknik Sarjana Teknik Kimia/Manajemen Industri
3	Direktur Produksi dan Teknik	Magister Teknik Sarjana Teknik Kimia/Elektro/Mesin/Industri
4	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	Magister Umum Sarjana Manajemen/Psikologi
5	Direktur Komersial	Magister Umum Sarjana Ilmu Pengembangan Bisnis/Ekonomi
6	Sekretaris	Magister Umum Sarjana Umum
7	Staf Ahli	Sarjana Teknik Kimia/Manajemen Industri
9	Manajer Produksi	Sarjana Teknik Kimia
10	Manajer Teknik	Sarjana Teknik
11	Manajer Sumber Daya Manusia dan Umum	Sarjana Manajemen/Psikologi
12	Manajer Pemasaran	Sarjana Ilmu Pengembangan Bisnis/Ilmu Bisnis/Ilmu Komunikasi/Ilmu Ekonomi
13	Manajer Keuangan	Sarjana Ilmu Ekonomi/Ilmu Bisnis/Ilmu Manajemen
14	Kepala Bagian	Sarjana (S-1)

16	Kepala Seksi <i>(Supervisor)</i>	Sarjana (S-1)
17	Ketua Regu	D3
18	Karyawan	SMA/SMK/D3
19	Sopir, Satpam, dan <i>Cleaning Service</i>	SMA atau sederajat

5.6.2 Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan pabrik harus diperhatikan dengan benar dan harus sesuai dengan kebutuhan. Pada Tabel 5.4 dapat dilihat rincian jumlah karyawan proses produksi, Tabel 5.5 menunjukkan rincian jumlah karyawan utilitas, Tabel 5.6 menunjukkan rincian jumlah karyawan dan gaji karyawan sesuai jabatan

Tabel 5.4. Rincian Jumlah Karyawan Proses Produksi

No	Nama Alat	Jumlah Alat	Operator/ alat/shift*	Orang/ shift
1	Tangki penyimpanan	2	2	4
2	Pompa	4	2	8
3	Kompresor	1	2	2
4	<i>Expander</i>	1	2	2
5	Furnance	1	5	5
6	<i>Blower</i>	1	2	2
7	Reaktor <i>fixbed multitube</i>	2	5	10
8	Menara absorpsi (<i>packed tower</i>)	1	5	5
9	Menara distilasi (<i>tray tower</i>)	1	5	5
10	Condensor	1	2	2
11	<i>Reboiler</i>	1	2	2
12	<i>Heat exchanger</i>	2	2	4
13	<i>Cooler</i>	3	2	6
14	<i>Three way valve</i>	2	2	4
Seksi Penunjang Proses				
15	Pengendalian Proses (CCR Operator)	1	3	3
Total karyawan proses produksi				64

*) Sumber: Peters: *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*, Tabel 21 Hal. 198; Kenneth: *Project and Cost Engineering Handbook*, 4th Ed Tabel 3.7 Hal. 71; Tabel 6-2 Hal 329: Ulrich, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*

Jumlah karyawan tiap *shift* = 64

Jumlah karyawan proses produksi = Jumlah regu ×
jumlah karyawan tiap *shift*

$$= 4 \times 64$$

$$= 256 \text{ orang}$$

Tabel 5.5. Rincian Jumlah Karyawan Utilitas

No.	Nama Unit	Jumlah Alat	Operator/ Alat/Shift*	Orang /shift
1	Unit Penyediaan Air			
	<i>Water Demineralizer</i>	1	5	5
	<i>BFW</i>	1	1	1
	Air Sanitasi	1	5	5
	Air Hidran	1	5	5
2	Unit Penyediaan <i>Termal Fluid</i>	1	1	1
3	Unit Penyediaan <i>Steam</i>			
	WHB	3	1	3
	<i>Boiler</i>	1	1	1
4	Unit Penyediaan Listrik	1	3	3
5	Pengadaan Udara Tekan / Udara Instrumen	1	1	1
6	Unit Penyediaan Bahan Bakar	1	1	1
Jumlah karyawan utilitas tiap shift				26

*) Sumber: Tabel 6-2 Hal 329: Ulrich, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*; Peters: *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*, Tabel 21 Hal. 198

$$\text{Jumlah karyawan tiap shift} = 26$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan proses produksi} &= \text{Jumlah regu} \times \\ &\quad \text{jumlah karyawan tiap shift} \\ &= 4 \times 26 \\ &= 104 \text{ orang} \end{aligned}$$

Tabel 5.6. Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)
31	Komisaris Utama	1	Rp 35.000.000,00
2	Komisaris Independen	1	Rp 30.000.000,00
3	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000,00
4	Direktur Bagian	3	Rp 35.000.000,00
5	Sekretaris	1	Rp 12.000.000,00
6	Staff Ahli	3	Rp 10.000.000,00
7	Manajer	5	Rp 25.000.000,00
8	Kepala Bagian	16	Rp 20.000.000,00
9	Karyawan Bag Material	3	Rp 6.000.000,00
10	Karyawan Bag Utilitas	24	Rp 7.000.000,00
11	Karyawan Bag <i>Packing</i> dan Pergudangan	4	Rp 6.000.000,00
12	Karyawan Bag Proses	18	Rp 7.500.000,00
13	Karyawan Bag Lab dan Kalibrasi	5	Rp 7.500.000,00
14	Karyawan Bag K3	5	Rp 7.500.000,00
15	Karyawan Bag HSE	3	Rp 7.500.000,00
16	Karyawan Bag Rescue dan Pemadam	5	Rp 6.500.000,00
17	Karyawan Bag Audit	4	Rp 7.500.000,00
18	Karyawan Bag Riset	7	Rp 7.000.000,00
19	Karyawan Bag Product Develop	4	Rp 7.500.000,00
20	Karyawan Bag Pengendalian Proses	4	Rp 7.500.000,00
21	Karyawan Bag Pemeliharaan Mekanik	7	Rp 7.000.000,00
22	Karyawan Bag Instrumen Listrik	6	Rp 7.000.000,00
23	Karyawan Bag Workshop	4	Rp 7.500.000,00
24	Karyawan Bag Alat Berat	6	Rp 7.000.000,00
25	Karyawan Bag Fabrikasi	3	Rp 7.500.000,00
26	Karyawan Bag Pengembangan	5	Rp 7.500.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)
	Sistem		
27	Karyawan Bag Infrastuktur	4	Rp 7.500.000,00
28	Karyawan Bag Pelatihan dan Assessment	5	Rp 7.000.000,00
29	Karyawan Bag SDM	3	Rp 6.500.000,00
30	Karyawan Bag Lingkungan	5	Rp 7.000.000,00
31	Karyawan Bagian Pengamanan	4	Rp 6.500.000,00
32	Karyawan Bag Pelayanan	4	Rp 6.000.000,00
33	Karyawan Bag Keperawatan	3	Rp 6.000.000,00
34	Karyawan Bag Penunjang Medis dan non- Medis	2	Rp 6.000.000,00
35	Karyawan Bag Kesejahteraan Fasilitas	2	Rp 6.000.000,00
36	Karyawan Bag Penggajian	3	Rp 7.000.000,00
37	Karyawan Bag Creative Media dan Informasi	3	Rp 7.000.000,00
38	Karyawan Bag Promosi Branding	3	Rp 6.500.000,00
39	Karyawan Bag Penjualan Korporasi	2	Rp 7.000.000,00
40	Karyawan Bag Penjualan Retail	4	Rp 7.000.000,00
41	Karyawan Bag Distribusi Produk	4	Rp 7.000.000,00
42	Karyawan Bag Ekspansi Bisnis	2	Rp 7.000.000,00
43	Karyawan Bag Pengembangan Pasar	2	Rp 7.000.000,00
44	Karyawan Bag Bisnis Partnership	3	Rp 7.000.000,00
45	Karyawan Bag Pendanaan Analisa Pasar	2	Rp 7.000.000,00
46	Karyawan Bag Perbendaharaan Asuransi	2	Rp 7.000.000,00
47	Karyawan Bag Pajak dan Penagihan	3	Rp 7.000.000,00
48	Karyawan Bag Pengadaan Suku Cadang	2	Rp 7.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)
49	Karyawan Bag Akuntansi Manajemen	3	Rp 7.000.000,00
50	Karyawan Bag Akuntansi Finansial	2	Rp 7.000.000,00
51	Karyawan Bag Penyusunan Anggaran	2	Rp 7.000.000,00
52	Karyawan Bag Realisasi Anggaran	3	Rp 7.000.000,00
53	Cleaning Service	10	Rp 4.500.000,00
54	Satpam	12	Rp 4.500.000,00
55	Sopir	6	Rp 4.500.000,00
Jumlah Karyawan		253	Rp 462.500.000,00

5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keluarganya, perusahaan memberikan fasilitas-fasilitas penunjang antara lain, berupa:

1. Fasilitas Kesehatan

Perusahaan memberikan fasilitas poliklinik yang terdapat di area perusahaan. Poliklinik ini berfungsi sebagai pertolongan pertama pada karyawan selama jam kerja. Perusahaan juga bekerja sama dengan rumah sakit sebagai rujukan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja maupun non-kecelakaan kerja.

Perusahaan mengatur pembiayaan pengobatan sesuai dengan perundang-undangan ketenagakerjaan dan kebijakan perusahaan.

2. Fasilitas Pendidikan

Perusahaan menyediakan beasiswa bagi anak-anak karyawan yang berprestasi di sekolahnya yang dimasukkan dalam dana CSR. Selain itu perusahaan mengembangkan sumber daya manusia melalui pendidikan, pelatihan, dan pembinaan. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan kesempatan belajar kepada karyawan untuk mengembangkan diri sesuai dengan kemampuan yang dimiliki.

3. Fasilitas Asuransi

Fasilitas asuransi diberikan untuk memberikan jaminan sosial dan memberikan perlindungan kepada karyawan terhadap hal yang tidak diinginkan sesuai dengan kebijakan perundang-undangan ketenagakerjaan.

4. Tunjangan

- a. Tunjangan jabatan diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan bekerja di luar jam kerja yang didasarkan jumlah jam kerja.
- c. Tunjangan menikah dan miliki anak
- d. Tunjangan transportasi
- e. Tunjangan hari raya

5. Fasilitas Transportasi

Perusahaan memberikan fasilitas transportasi berupa mobil dan sopir untuk kegiatan operasional, serta transportasi bus antar jemput karyawan non *shift* maupun karyawan *shift*.

6. Fasilitas Kantin

Kantin disediakan untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan yang letaknya dipusatkan di gedung kantor. Fasilitas ini sepenuhnya ditanggung oleh perusahaan.

7. Fasilitas Beribadah

Perusahaan menyediakan mushola di area perusahaan.

8. Peralatan *Safety*

Perusahaan memberikan peralatan *safety* berupa *safety helmet*, *safety shoes*, masker, *goggles*, *glove* dan alat-alat *safety* lainnya.

9. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- b. Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

- c. Cuti hamil diberikan kepada karyawan wanita yang melahirkan serta menyusui selama 90 hari kerja.

5.8 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Pabrik ini memberikan kebijakan dalam aspek perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan pemeliharaan instalasi peralatan dan keselamatan serta kesehatan kerja karyawan. Aspek ini berada dibawah Unit Inspeksi Proses dan Keselamatan Lingkungan. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari terjadinya kerugian akibat kecelakaan kerja maupun tidak. Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja ini berlandaskan:

- a. UU No.1 / 1970

Mengenai keselamatan kerja karyawan, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

- b. UU No.2 / 1951

Mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja

- c. PP No. 4/1982

Mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup

- d. PP No.29 / 1986

Mengenai ketentuan AMDAL, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup

Perusahaan melakukan pendidikan dan pelatihan mengenai kesehatan dan keselamatan kerja kepada karyawan, membuat prosedur kerja, membuat langkah pencegahan kecelakaan serta penanggulangan kecelakaan kerja. Hal tersebut dilaksanakan dalam rangka upaya menerapkan aspek-aspek K3 di lingkungan pabrik dan perusahaan.

5.9 Corporate Social Responsibility (CSR)

Definisi CSR menurut *World Business Council on Sustainable Development* adalah komitmen yang berkelanjutan dari pelaku usaha/kegiatan bisnis (perusahaan) untuk berkontribusi dalam pembangunan

dan pengembangan ekonomi dengan meningkatkan kualitas hidup karyawan dan keluarganya, komunitas dan himpunan masyarakat luas. Definisi CSR menurut ISO 26000:2010, CSR merupakan kondisi dan faktor penting yang memiliki pengaruh dalam pengembangan tanggung jawab sosial.

Program CSR merupakan investasi bagi perusahaan pembangunan yang berkelanjutan. Dalam CSR perusahaan tidak hanya memandang dari aspek ekonomi tetapi juga menimbang dari aspek sosial dan lingkungan perusahaan baik internal maupun eksternal. Program Tanggung Jawab Sosial Perusahaan (CSR) pabrik ini dilaksanakan berdasar pada semangat untuk kemajuan bersama antara perusahaan dan seluruh pemegang kepentingan. CSR diharapkan dapat menciptakan keseimbangan antara perusahaan, masyarakat dan lingkungan. Melalui CSR, kesejahteraan internal dan eksternal perusahaan menjadi lebih terjamin.

Program CSR sudah mulai bermunculan di Indonesia seiring telah disahkannya Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas dan Undang Undang Nomor 25 Tahun 2007 tentang Penanaman Modal, adapun isi Undang-Undang tersebut yang berkaitan dengan CSR, yaitu:

CSR memberikan manfaat baik bagi masyarakat maupun perusahaan yang menjalankan program CSR. Diantaranya yaitu :

1. Manfaat bagi masyarakat :

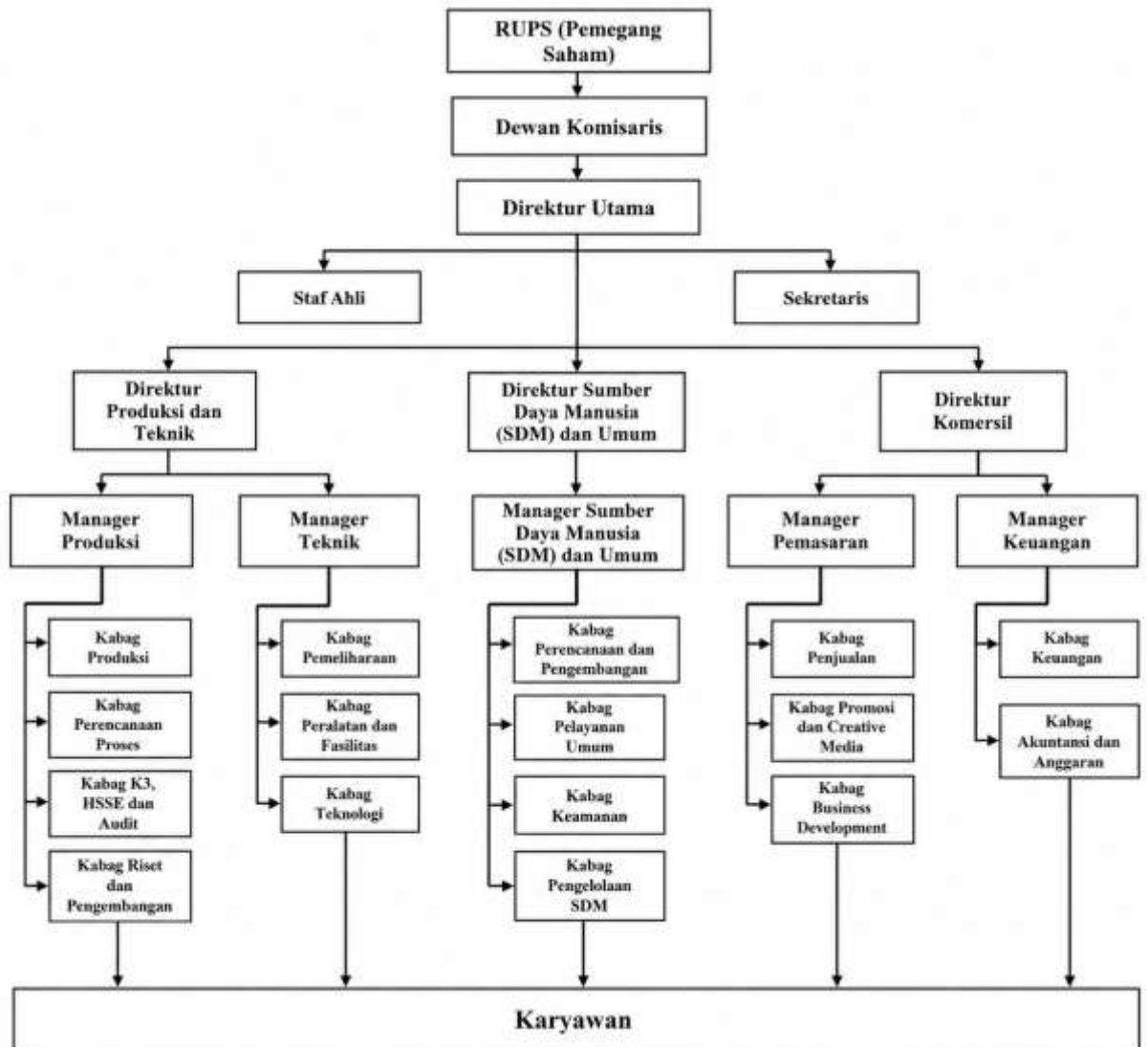
- Meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar perusahaan
- Adanya beasiswa untuk anak tidak mampu
- Adanya pembangunan fasilitas yang berguna untuk masyarakat yang berada disekitar perusahaan

2. Manfaat bagi perusahaan :

- Meningkatkan citra perusahaan
- Mengembangkan kerja sama dengan perusahaan lain
- Memperkuat *brand* merk perusahaan dimata masyarakat
- Memberikan inovasi bagi perusahaan

Tanggung jawab sosial perusahaan diwujudkan dalam tiga bentuk :

1. Menjalinkan kemitraan dengan pemilik kepentingan CSR yaitu karyawan, pemasok, penyalur, pelanggan, pemerintah dan lainnya.
2. Melakukan pembinaan dan perbaikan lingkungan perusahaan dan sekitarnya.
3. Melindungi dan memelihara lingkungan unit-unit usaha perusahaan.



Gambar 5.1 Struktur Organisasi Perusahaan

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Industri kimia memiliki potensi risiko bahaya (*hazard*) yang cukup serius, mulai dari kebakaran, paparan gas beracun, hingga kombinasi ledakan dan kebakaran yang berpotensi menimbulkan korban jiwa. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan fatal dan kerugian besar, perlu dilakukannya *troubleshooting* dan mencari solusi yang tepat. Dengan mengidentifikasi akar masalahnya, kita dapat meminimalkan risiko hingga kerugian yang ditimbulkan.

Troubleshooting merupakan prosedur terstruktur yang bertujuan untuk mengenali, memahami akar penyebab, dan memperbaiki isu atau malfungsi yang muncul pada suatu sistem, perangkat atau proses. Proses ini melibatkan langkah-langkah yang terstruktur untuk menemukan akar penyebab masalah dan kemudian menerapkan solusi yang tepat.

Studi *Hazard and Operability* (HAZOP) merupakan salah satu metode analisis risiko yang populer di industri kimia. HAZOP digunakan sebagai upaya preventif untuk memastikan keamanan dalam industri kimia. Metode ini memungkinkan kita untuk memprediksi dan mencegah kecelakaan dengan cara menganalisis dan mengevaluasi setiap aspek desain proses produksi dan mengidentifikasi potensi bahaya sebelum terjadi. (Sabrina, 2019). Metode ini dipilih karena sifatnya yang terstruktur, identifikasi akar masalah secara sistematis dan menyeluruh, serta menghasilkan solusi yang komprehensif. Berikut adalah langkah-langkah penyusunan troubleshooting:

- a. Pengumpulan fakta
- b. Memahami fungsi sistem dan komponen yang dipengaruhi oleh system
- c. Mendefinisikan kondisi tidak normal
- d. Mendaftar kemungkinan penyebab
- e. Mengeliminasi penyebab
- f. Menentukan akar penyebab
- g. Mengembangkan rencana tindakan

6.1 Tangki Penyimpanan

Tabel 6. 1 Analisa HAZOP Tangki Penyimpanan

N o	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Tangki Penyimpanan Produk	Berfungsi untuk menyimpan produk	<i>No flow</i>	<i>Malfunctioned</i> , serta pipa yang tersumbat karena adanya endapan	Tidak ada produk yang mengalir kedalam tangki	<i>Flow Control</i> (FC) dan <i>Level</i> <i>Control</i> (LC)	Pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala pada <i>valve</i> dan pipa
		asam akrilat pada suhu 50°C. dan	<i>High flow</i>	<i>Malfunctioned</i>	Efisiensi rendah	<i>Flow Control</i> (FC) dan <i>Level</i> <i>Control</i> (LC)	Pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala pada <i>valve</i>

		tekanan 1 atm	<i>High Flow</i>	<i>Malfunctioned</i> , umpan dalam inlet terlalu banyak	Ketidaksesuaian dengan spesifikasi produk yang ditentukan pabrik	<i>Level Control (LC)</i> dan <i>Flow Control (FC)</i>	Pemasangan <i>Flow Alarm</i> dan monitor umpan dalam inlet
			<i>Low Pressure</i>	<i>Malfunctioned</i> dan tekanan umpan menurun	Efisiensi Rendah	<i>Pressure Contol (PC)</i>	Pemasangan <i>pressure alarm</i> , dan <i>maintenance pressure control</i> secara berkala
			<i>High Pressure</i>	<i>Malfunctioned</i> dan tekanan umpan meningkat	Dapat menimbulkan kerusakan pada Tangki	<i>Pressure Contol (PC)</i>	Pemasangan <i>pressure alarm</i> , dan <i>maintenance pressure control</i> secara berkala

			<i>Low Temperature</i>	<i>Malfunctioned</i> dan suhu umpan menurun	Efisiensi Rendah	<i>Temperature Control</i>	Pemasangan <i>temperature alarm</i> , dan <i>maintenance temperature control</i> secara berkala
			<i>High Temperature</i>	<i>Malfunctioned</i> dan suhu umpan menurun	Efisiensi Rendah	<i>Temperature Control</i>	Pemasangan <i>temperature alarm</i> , dan <i>maintenance temperature control</i> secara berkala

6.2 Unit Transportasi

Tabel 6. 2 Analisa HAZOP Pompa

N o	Compo nent	Descriptio n	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Pompa Senrifugal		<i>No Flow</i>	- Kerusakan pada motor	- Pompa tidak bisa	<i>Control Flow (FC)</i>	- Cek <i>maintenance</i>

		Untuk mengalirkan fluida		<p>atau pompa, tidak ada arus listrik, <i>impeller</i> tersumbat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Terjadi penumpukan padatan yang terbawa pada fluida di dinding pompa dan pipa pengalir bahan baku 	<p>menyala dan bekerja sesuai fungsi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proses pemindahan fluida terhambat 		<p><i>procedure</i> dan jadwal pemeliharaan pada pompa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan perbaikan pada motor dan pompa, pemeriksaan aliran listrik secara berkala, pembersihan <i>impeller</i> - Dilakukannya
--	--	--------------------------	--	--	---	--	---

							pembersihan pada pompa secara berkala
			<i>Low Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Kegagalan parsial pada pompa - <i>Shaft</i> bengkok - <i>bearing</i> rusak - Adanya sumbatan pada impeller 	Minimnya fluida yang teralirkan ke proses selanjutnya	<i>Flow Control (FC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cek <i>maintenance procedure</i> dan jadwal pemeliharaan pada pompa - Melakukan pergantian pada <i>shaft</i>, memperkuat pipa, pergantian <i>roller</i>

							<i>bearing</i> dan <i>underwater bearing</i> .
			<i>High Pressure</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tekanan <i>head</i> terlalu tinggi, terjadi penyumbatan pada pipa pengisapan dan saringan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada fluida pada <i>head</i> - Terjadi kavitasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Flow Control</i> (FC) - <i>Pressure Control</i> (PC) 	<ul style="list-style-type: none"> - Periksa pemasangan pipa pada jalur akhir, lakukan pembersihan pada pipa - Lakukan pembersihan impeller. - Dilakukannya <i>maintenance</i> untuk

							mengeluarkan gelembung udara pada pompa
			<i>High Temperature</i>	- Perlakuan bahan dengan suhu tinggi	- Terjadinya kavitasi	- <i>Flow Control</i> (FC) - <i>Temperature Control</i> (TC)	- Dilakukannya <i>maintenance</i> untuk mengeluarkan gelembung udara pada pompa serta adanya - Penggantian pompa jika sudah tidak

							bisa digunakan kembali
--	--	--	--	--	--	--	------------------------

6.3 Unit Reaktor

Tabel 6. 3 Analisa HAZOP Reaktor

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Reaktor	Untuk mereaksikan bahan baku	<i>No Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penyumbatan pada pipa - <i>Control valve</i> untuk membuka, kegagalan dari <i>controller</i>, kegagalan pada pompa 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada feed yang masuk ke reaktor - Tidak terjadi reaksi pada reaktor 	<i>Flow Control (FC)</i> dan <i>Level Control (LC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> dan pemeliharaan untuk <i>Flow Control (FC)</i> pada reaktor. Peamasangan alarm <i>High Flow Control</i> Pemeriksaan <i>emergency shutdown system</i>

			<i>Low Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penyumbatan parsial pada pipa <i>Control valve</i> untuk membuka, - Kegagalan dari 	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah aliran flow bahan yang tersuplai ke 	<i>Flow Control</i> (FC) dan <i>Level Control</i> (LC), <i>Pressure Control</i> (PC)	Pasang <i>low level alarm</i> pada reaktor untuk memperingatkan operator.

				<p><i>controller,</i> kegagalan pada pompa</p>	<p>reaktor sedikit</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Incomplete reaction</i> 		
			<i>High Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Control valve</i> untuk membuka, kegagalan dari <i>controller,</i> - Kegagalan pada pompa - Tekanan pada R-01 terlalu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Excess feed</i> aliran yang tersupali ke reaktor - <i>Incomplete reaction</i> - <i>Ratio</i> antar 	<i>Flow Control</i> (FC) dan <i>Level Control</i> (LC), <i>Pressure Control</i>	Pemasangan <i>back up pump,</i> pemasangan <i>pressure indicator</i> di Reaktor

					bahan tidak sesuai - <i>Flooding</i> di Reaktor - Kemungkinan terjadi <i>back flow</i>		
			Aliran berbalik	Kegagalan pada Temperature control di Reaktor	Reaksi yang terjadi tidak sempurna	<i>Temperature Control (TC)</i>	Pemasangan <i>High Temperature Alarm</i>
			<i>High Temperature</i>	Suhu output dari <i>Heater</i> lebih besar dari desain	Temperature pada Reaktor terlalu tinggi dan	<i>Temperature Control (TC)</i>	Pasang pengontrol pada instrument penting

					kemungkinan terjadinya ledakan	dan <i>Flow Control</i> (FC)	
			<i>Low Temperature</i>	Kerusakan pada <i>Heater</i>	Suhu terlalu rendah menyebabkan efisiensi reaksi berkurang	<i>Temperature Control</i> (TC)	Periksa <i>emergency shutdown system</i>

6.4 Unit Pemisah

Tabel 6. 4 Analisa HAZOP pada Kolom Destilasi

N o	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Kolom Distilasi (D-01)	Berfungsi untuk memisahkan sisa reaktan dan produk	<i>No Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Kegagalan pompa – <i>Control valve</i> gagal untuk merespon 	Tidak ada <i>feed</i> yang masuk ke D-01	<i>Flow Control</i> (FC) dan <i>Level Control</i> (LC)	Cek <i>maintenance procedure</i> dan jadwal pemeliharaan pada pompa yang bertugas mengalirkan <i>feed</i> ke D-01

		berdasarkan perbedaan titik didih	<i>High Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Overflow di aliran yang dilalui feed masuk menuju ke D-01 – Kegagalan pompa 	<ul style="list-style-type: none"> – Terjadinya <i>flooding</i> – <i>Pressure</i> di D-01 menurun – Kerusakan pada alat 	<i>Flow Control (FC), Level Control (LC), Pressure Control (PC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Pasang alarm untuk suhu dan tekanan tidak sesuai design
			<i>Low Flow</i>	Kegagalan parsial pada pompa	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Feed</i> ke kolom tidak sesuai design – Meningkatnya tekanan – Produk tidak sesuai dengan spesifikasi 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Feed</i> ke kolom tidak sesuai design – Meningkatnya tekanan – Produk tidak sesuai dengan spesifikasi 	<i>Flow Control (FC), Level Control (LC), Pressure Control (PC)</i>

			<i>High Temperature</i>	Suhu <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	<ul style="list-style-type: none"> – Proses pemisahan berlangsung tidak optimal – Dapat menyebabkan kerusakan alat – Produk tidak sesuai dengan spesifikasi 	<i>Temperature Control (TC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan Pemasangan alarm system untuk monitoring <i>temperature</i>
			<i>Low Temperature</i>	Suhu <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	Proses pemisahan berlangsung tidak optimal, sehingga berpengaruh	<i>Temperature Control (TC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan periksa <i>emergency shutdown system</i>

					terhadap efisiensi alat dan produk		
			<i>High Pressure</i>	Tekanan <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadinya perubahan komposisi yang tidak sesuai dengan spesifikasi - Dapat menyebabkan kerusakan alat 	<i>Pressure Control (PC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan periksa <i>emergency shutdown system</i>
			<i>Low Pressure</i>	Tekanan <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	Terjadinya perubahan komposisi yang tidak sesuai	<i>Pressure Control (PC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan periksa <i>emergency shutdown system</i>

					dengan spesifikasi		
--	--	--	--	--	--------------------	--	--

6.5 Unit Kompresor

Tabel 6. 5 Analisa HAZOP pada Kompresor

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Kompresor (C-01)	C-01 berfungsi untuk menaikkan tekanan udara sebelum menuju <i>furnace</i>	<i>Low Flow</i>	Penyumbatan dalam kompresor	Ketersediaan fluida untuk proses terhambat sehingga proses terlanjutnya terhambat	<i>Flow control</i> (FC)	Membersihkan kompresor dan control secara berkala
			<i>High Flow</i>	Kinerja <i>impeller</i> berlebihan	Kompresor cepat rusak dan menambah pengeluaran pabrik		

			<i>Low Pressure</i>	Rusaknya seal pelindung disekeliling <i>impeller</i> sehingga gas dapat lewat ke bagian belakang <i>impeller</i>	Tidak dicapainya spesifikasi tekanan bahan baku yang menyebabkan kualitas udara turun	<i>Pressure Control (PC)</i>	Melakukan pergantian seal <i>impeller</i> untuk jangka waktu tertentu
			<i>High Pressure</i>	Tersumbatnya <i>valve</i> keluaran kompresor	Dapat menyebabkan kerusakan alat		Membersihkan saluran dan <i>valve</i> keluaran kompresor

6.6 Unit Penukar Panas

Tabel 6. 6 Analisa HAZOP pada *Heat Exchanger*

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1.	<i>Heat exchanger</i>	Memanaskan fluida sebelum masuk ke dalam reaktor	<i>No flow</i> dan <i>Low Flow</i>	Penyumbatan pada seluruh pipa	<i>Operation fail</i>	<i>Flow control</i> (FC)	Pemasangan Control Alarm dan <i>Maintenance</i> pada HE
			<i>Low temperature</i>	Debit pendingin terlalu besar	Kerusakan pada pipa	<i>Flow control</i> (FC) dan <i>Temperature Control</i> (TC)	Melakukan pemeriksaan pada peralatan secara berkala
			<i>Fouling</i>	Adanya pembentukan endapan yang tidak diinginkan pada permukaan HE yang menghambat perpindahan kalor dan meningkatkan	Dapat mempengaruhi keseluruhan proses operasional <i>system</i> , dan menurunkan	<i>Antifouling</i>	Pembersihan secara berkala

				hambatan terhadap aliran fluida	efisiensi pada alat		
			<i>Pressure drop</i>	Jarak antar <i>baffle</i> yang terlalu dekat	Aliran menjadi lambat sehingga perlu tenaga pompa yang besar	<i>Pressure Control (PC)</i>	Mengurangi jumlah <i>passes</i> , memperbesar ukuran pipa, dan memperpendek panjang pipa, serta <i>maintenance</i>

6.7 Unit Furnance

Tabel 6. 7 Analisa HAZOP pada *Furnace*

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1.	<i>Furnace</i> (F-01)	F-01 berfungsi untuk menaikkan suhu <i>feed</i>	<i>Low Temperature</i>	Kerusakan pada alat pembakaran	Reaktor bekerja lebih keras dan reaksi tidak terjadi secara sempurna	<i>Temperature Control (TC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada burner dan pengecekan bahan bakar

6.8 Unit Absorber

Tabel 6. 8 Analisa HAZOP pada Absorber

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1.	Absorber (AB-01)	AB-01 berfungsi untuk menyerap asam akrilat dengan solvent	<i>Low Flow Liquid</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Pompa tidak berfungsi dengan optimal – Terdapat penyumbat pada pipa 	Terjadinya <i>Channeling</i> , <i>Flooding</i> dan <i>Loading</i>	<i>Flow Control</i> (FC)	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada pompa dan control <i>valve</i>
			<i>Low Flow Gas</i>	Terjadi penyumbatan pada pipa	Terjadinya <i>Channeling</i> , <i>Flooding</i> dan <i>Loading</i>	<i>Level Control</i> (LC) dan <i>Flow Control</i> (FC)	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada pipa dan control <i>valve</i>
			<i>High Flow Gas</i>	Control yang tidak berfungsi secara optimal	Terjadinya <i>Channeling</i> , <i>Flooding</i> dan <i>Loading</i>	<i>Level Control</i> (LC) dan <i>Flow Control</i> (FC)	<i>Maintenance</i> pada control <i>valve</i> secara berkala

			<i>High Flow Liquid</i>	Control yang tidak berfungsi secara optimal	Terjadinya <i>Channeling, Flooding</i> dan <i>Loading</i>	<i>Level Control</i> (LC) dan <i>Flow Control</i> (FC)	<i>Maintenance</i> pada control valve secara berkala
			<i>High Temperature</i>	Suhu <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	<ul style="list-style-type: none"> – Proses pemisahan berlangsung tidak sempurna – Dapat menyebabkan kerusakan alat 	<i>Temperature Control</i> (TC)	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan Pemasangan alarm system untuk monitoring <i>temperature</i>
			<i>Low Temperature</i>	Suhu <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	Proses pemisahan berlangsung tidak optimal, sehingga	<i>Temperature Control</i> (TC)	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan Pemasangan alarm system untuk monitoring <i>temperature</i>

					berpengaruh terhadap efisiensi alat dan produk		
			<i>High Pressure</i>	Tekanan <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	<ul style="list-style-type: none"> – Proses penyerapan berlangsung tidak optimal – Dapat menyebabkan kerusakan alat 	<i>Pressure Control (PC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan periksa <i>emergency shutdown system</i>
			<i>Low Pressure</i>	Tekanan <i>input</i> tidak sesuai dengan desain	Proses penyerapan berlangsung tidak optimal, sehingga berpengaruh	<i>Pressure Control (PC)</i>	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada alat dan periksa <i>emergency shutdown system</i>

					terhadap efisiensi alat dan produk		
--	--	--	--	--	---------------------------------------	--	--

BAB VII

ANALISA EKONOMI

Pada setiap perancangan pabrik, dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang layak untuk didirikan atau tidak. Komponen terpenting dari perancangan ini adalah estimasi harga alat, karena merupakan dasar untuk estimasi analisa ekonomi lainnya. Analisa ekonomi digunakan untuk memperoleh perkiraan atau estimasi kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu, analisa ekonomi juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak.

Untuk itu, pada perancangan pabrik asam akrilat ini, kelayakan investasi modal dalam sebuah pabrik dapat ditinjau dari:

1. *Profitability* (Keuntungan) pada *Profit on Sales* (POS)
2. *Return on Investment* (ROI)
3. *Internal Rate of Return* (IRR)
4. *Payout Time* (POT)
5. *Break Even Point* (BEP)
6. *Shut Down Point* (SDP)

Berdasarkan (Couper et al., 2012), untuk meninjau faktor-faktor tersebut perlu dilakukan perhitungan terhadap:

1. Perhitungan Modal Investasi (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas:
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Operating Expense*) yang terdiri atas:
 - a. Biaya Pengeluaran Pabrik (*Product Expense*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expense*)
3. Total Pendapatan

7.1 Perkiraan Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi saat itu. Untuk mengetahui harga peralatan

yang ada, dapat dilihat dari harga peralatan tahun-tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Jenis indeks yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) dari majalah *Chemical Engineering Magazine*. Berikut ini nilai indeks CEPCI dari *Chemical Engineering Magazine* (2020):

Tabel 7.1 Indeks CEPCI pada Tahun 2005-2024

Tahun (X)	Indeks (Y)
2002	395,6
2003	401,7
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	613,4
2020	618,3
2021	692,0
2022	816,0
2023	797,0
2024	798,0

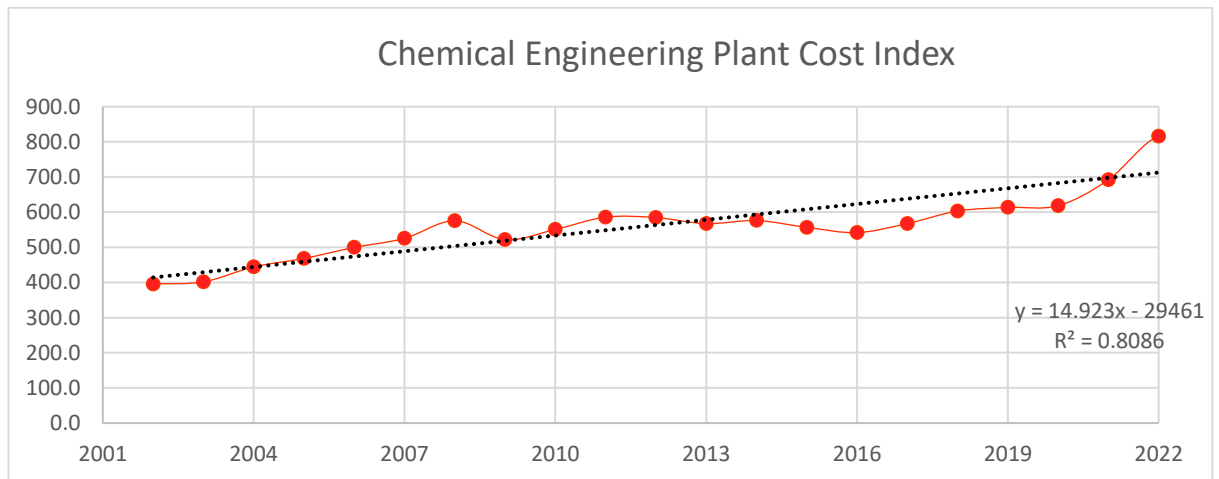
Perubahan yang terjadi diatas merupakan fungsi linier maka dapat dibuat suatu persamaan pendekatan:

$$y = mx + c$$

$$m = \frac{n \sum(xy) - (\sum x)(\sum y)}{n \sum(x)^2 - (\sum x)^2}$$

$$c = \frac{(\sum x)^2 (\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x)^2 - (\sum x)^2}$$

Dalam hubungan ini, X adalah tahun, dan Y adalah Indeks harga. Dari data tersebut, dapat dibuat grafik hubungan tahun dengan indeks harga alat, pada gambar 7.1 :



Gambar 7.1 Indeks CEPCI pada Tahun 2005 - 2024

Dari grafik tersebut, diperoleh persamaan garisnya yaitu:

$$y = 14,923x - 29461$$

Maka, indeks harga pada tahun 2023 dan 2025 adalah sebagai berikut:

$$y = 14,923 (2023) - 29461 = 731,429$$

$$y = 14,923 (2025) - 29461 = 761,071$$

Kemudian, untuk perhitungan dalam memperkirakan harga peralatan pada tahun yang akan datang dapat menggunakan persamaan pendekatan (Aries dan Newton, 1955):

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

.....(1)

Dalam hal ini,

E_x = Harga alat pada tahun yang akan dicari

E_y = harga alat pada tahun referensi

N_x = Indeks harga pada tahun yang akan dicari

N_y = Indeks harga pada tahun referensi

Namun, untuk jenis alat yang sama tapi kapasitas yang berbeda, maka harga suatu alat dapat diperkirakan dengan cara membandingkan dengan alat sejenis yang telah diketahui kapasitas dan harganya melalui persamaan dibawah (Aries dan Newton, 1955):

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^n \dots\dots\dots(2)$$

Dalam hal ini:

E_b = Harga alat dengan kapasitas dicari (b)

E_a = Harga alat dengan kapasitas diketahui (a)

C_b = Kapasitas b

C_a = Kapasitas a

n = Eksponen

Nilai eksponen tergantung pada jenis alat sebagai fungsi kapasitas (Ulrich D, 1984). Namun secara umum, nilai eksponen untuk semua alat adalah 0,6 (Aries dan Newton, 1955).

7.2 Dasar Perhitungan

Berikut ini dasar-dasar dalam perhitungan analisis ekonomi yang meliputi:

1. Kapasitas Produksi
 - Kapasitas produksi : 92.000 ton/tahun
 - 1 tahun operasi : 330 hari
 - Tahun pendirian pabrik : 2027
 - Tahun operasi pabrik : 2029
 - Kurs Dollar : Rp16.200/US\$ (27 Juni 2025)
2. Kebutuhan Bahan Baku, *Solvent*, dan Katalis
 - Kebutuhan Bahan Propilen : 8.845,12 kg/jam (70.053,35 ton/tahun)

Kebutuhan Katalis Reaktor	: 51.976 kg/tahun	
Kebutuhan <i>Molten Salt</i>	: 14.917.581 ton/tahun	
3. Harga Bahan Baku dan Produk		
Harga Propilen	: \$ 1,00/kg (Rp.16.200)	(Alibaba, 2021)
Harga Katalis	: \$ 60,00/kg (Rp.972.000)	(Alibaba, 2021)
Harga <i>Molten Salt</i>	: \$ 4,20/kg (Rp.54.800)	(Alibaba, 2021)
Harga Jual <i>Acrylic Acid</i>	: \$ 2,50/kg (Rp.40.500)	(Alibaba, 2021)

7.3 Perhitungan Biaya

1. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*)

Total Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik dan mengoperasikannya. *Capital investment* meliputi biaya untuk membeli tanah, merancang, membeli, dan memasang peralatan pabrik dan bangunan, serta untuk mengoperasikan semua fasilitas tersebut (Couper et al., 2012).

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed Capital Investment atau modal tetap adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik yang meliputi peralatan pabrik, perpipaan, pekerjaan saluran, peralatan sistem control otomatis, struktur, insulasi, peralatan kontrol lainnya, serta biaya teknis lainnya dan kontraktor (Couper et al., 2012). Bagian dari *fixed capital investment*, antara lain:

1) *Purchased Equipment Cost* (PEC)

Pondasi dalam perhitungan *fixed capital investment* adalah harga pembelian peralatan pabrik (*purchased equipment cost*). Dari data tersebut, melalui penerapan faktor atau persentase perhitungan berdasarkan pengalaman, dapat diperoleh perkiraan *fixed capital investment* (Couper et al.,

2012). Biaya pembelian peralatan pabrik sudah termasuk pajak bea masuk, asuransi, provisi bank, dan biaya pengangkutan sampai di lokasi pabrik.

2) *Equipment Installation Cost*

Equipment installation cost adalah biaya untuk instalasi atau pemasangan alat proses pada pabrik. Biaya ini memiliki presentase sebesar 39% dari PEC untuk operasi pabrik *solid-fluid* (Couper et al., 2012). Dimana 10% untuk biaya material dan 29% untuk biaya buruh.

3) *Piping Cost*

Piping cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk *system* pemipaan pada proses serta biaya pemasangannya. Biaya ini memiliki presentase 31% dari PEC untuk operasi pabrik *solid-fluid* (Couper et al., 2012). Dimana 21% untuk biaya material dan 10% untuk biaya buruh.

4) *Instrumentation and Control Cost*

Instrumentation and control cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli peralatan instrumentasi dan *system* pengendalian proses pada pabrik. Biaya ini memiliki presentase 13% dari PEC untuk operasi pabrik *solid-fluid* (Couper et al., 2012). Dimana 9% untuk biaya material dan 4% untuk biaya buruh.

5) *Electrical Cost*

Electrical cost adalah biaya untuk digunakan untuk pengadaan sarana pendukung dalam penyediaan atau pendistribusian tenaga listrik ke pabrik. Biaya ini memiliki presentase 10% untuk operasi pabrik *solid-fluid* (Couper et al., 2012). Dimana 6% untuk biaya material dan 4% untuk biaya buruh.

6) *Building Cost*

Building cost adalah biaya diperlukan untuk mendirikan bangunan-bangunan dalam lingkungan pabrik seperti perkantoran, kantin, tempat ibadah, laboratorium, dan lainnya (Couper et al., 2012).

7) *Yard Improvement*

Yard improvement cost adalah biaya untuk, perbaikan kondisi tanah, pembuatan jalan ke areal pabrik, dan lainnya. Biaya ini memiliki presentase 10% dari PEC untuk operasi pabrik *solid-fluid* (Couper et al., 2012).

8) *Service Facilities Cost*

Service facilities cost adalah biaya yang diperlukan untuk pengadaan unit-unit pendukung proses, seperti unit penyediaan air, *steam*, *cooling tower*, udara tekan, limbah, dan lainnya. Biaya ini memiliki presentase 55% dari PEC untuk operasi pabrik *solid-fluid* (Couper et al., 2012).

9) *Engineering and Supervision Cost*

Engineering and construction cost adalah biaya untuk *design engineering*, *field supervisor*, dan *inspection*. Biaya ini memiliki presentase 32% dari DPC (*Direct Plant Cost*). DPC sendiri adalah total biaya dari PEC, *installation*, *piping*, *instrumentation and control*, *electrical*, *building*, *land*, *yard improvement*, dan *service facilities* (Couper et al., 2012).

10) *Construction Expenses*

Construction expenses adalah biaya yang diperlukan untuk konstruksi pembangunan pabrik. Biaya ini memiliki presentase 34% dari DPC (Couper et al., 2012).

11) *Contractor's Fee*

Contractor's fee adalah biaya yang diperlukan untuk membayar kontraktor dalam pembangunan pabrik. Biaya ini memiliki presentase 5% dari total DPC dan IPC (*Indirect Plant Cost*). IPC sendiri adalah total biaya *engineering supervision cost* dan *construction expenses* (Couper et al., 2012).

12) *Contingency*

Contingency adalah kompensasi terhadap pengeluaran yang tak terduga, perubahan proses meskipun kecil, ataupun perubahan harga dan kesalahan estimasi. Biaya ini memiliki presentas 10% dari DPC + IPC (Couper et al., 2012).

b. *Land Cost*

Land cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembelian tanah pendirian pabrik. Harga tanah di kawasan industri Idramayu sebesar Rp.1250.000,- per m² pada tahun 2025 (rumahhokie.com, 2025). Sehingga diperkirakan harga tanah saat pendirian pabrik tahun 2027 sebesar Rp2.000.000,- per m² untuk total luas area pabrik yang dirancang sebesar 20.850 m².

c. *Start-Up Expenses*

Ketika suatu proses dijalankan, masih memungkinkan adanya perubahan pada pabrik sebelum dioperasikan dengan kapasitas maksimalnya. Dari sudut pandang waktu, terdapat variable biaya tak terdefinisi yang merupakan selisih antara biaya konstruksi dan biaya produksi dalam jumlah tertentu dengan waktu tertentu. Karena adanya perubahan tersebut yang dapat meliputi bahan, alat, hilangnya pendapatan akibat shutdown, ataupun arena pabrik yang belum beroperasi penuh, maka kebutuhan biaya tambahan tersebut dinamakan biaya start-up. Menurut Peter dan Timmerhouse dalam Couper et al., (2012), biaya start-up direkomendasikan sebesar 8-10% dari FCI (Fixed Capital Investment). Dipilih pada perhitungan sebesar 10% dari FCI.

d. *Interest During Construction (IDC)*

Suku bunga pinjaman bank berkisar 8-12% (OJK, 2022). Dipilih bunga bank dihitung 9% dari FCI setiap tahunnya. Proses pendirian pabrik hingga tepat akan beroperasi diperkirakan selama 2 tahun. Sehingga, bunga saat konstruksi dihitung selama 2 tahun pendirian pabrik.

e. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Working capital investment (WCI) adalah biaya yang diperlukan untuk mengoperasikan pabrik selama waktu tertentu. Biaya ini digunakan untuk membayar upah dan gaji, membeli bahan baku, serta persediaan lainnya. Perhitungan *working capital* meliputi biaya *raw material, goods in process, finished product, supplies and stores, available cash, accounts receivable*, dan *accounts payable*. Semua total biaya tersebut dapat diasumsikan sebesar 15-25% dari Total Capital Investment, apabila pabrik beroperasi dengan kapasitas seragam sepanjang 1 tahun operasi (Couper et al., 2012). Presentase WCI yang dipilih adalah 15% dari TCI karena pabrik yang memiliki kapasitas cukup kecil. Berikut perhitungan WCI:

$$TCI = FCI + Land + IDC + Start-up Expenses + WCI$$

$$TCI = FCI + Land + IDC + Start-up Expenses + (15\% TCI)$$

$$85\% TCI = FCI + Land + IDC + Start-up Expenses$$

Sehingga, dapat dihitung total TCI adalah:

$$TCI = \frac{FCI + Land + IDC + Startup Expenses}{85\%}$$

dan WCI = 15% dari TCI

2. Penaksiran Biaya Pengeluaran Operasi Pabrik (*Total Operating Expenses*)

Total operating expenses merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan proses hingga terbantu produk, serta biaya pengemasan dan pengirimannya. Biaya ini terdiri dari biaya pembuatan produk, pengemasan, pengiriman, distribusi dan penjualan, serta biaya umum lainnya (Couper et al., 2012).

a. *Product Expenses*

1) *Raw Material Cost*

Biaya bahan baku dihitung berdasarkan kebutuhan bahan baku setiap tahunnya dari perhitungan neraca massa yang dikalikan dengan harga bahan baku tersebut. Biasanya pada pabrik kimia, sekitar 50-80% dari total operating expenses merupakan biaya untuk membeli bahan baku (Couper et al., 2012).

2) *Direct Expenses*

a) *Utilities Cost*

Biaya utilitas atau sarana pendukung proses diperoleh dari neraca massa dan neraca energi. Biaya utilitas yang dibutuhkan seperti pengadaan listrik, *steam*, *cooling water*, bahan bakar, dan lainnya (Couper et al., 2012).

b) *Operating Labor Cost*

Operating labor cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar tenaga kerja yang berkaitan langsung dengan proses keberjalanan produksi. Untuk memperkirakan kebutuhan tenaga kerja, dapat dihitung dari cakupan jumlah *shift*, akhir pekan, dan hari libur (Couper et al., 2012).

c) *Supervision Expense*

Supervisi adalah karyawan yang bertanggung jawab langsung pada operasi pabrik. Supervisi meliputi *supervisor*, mandor, dan juru tulis departemen. Gaji dari setiap karyawan ditentukan berdasarkan posisi dan beban kerja. Biaya untuk *supervisory personnel* biasanya 20-30% dari *operating labor* (Couper et al., 2012). Namun, pemberian gaji Kembali disesuaikan dengan keadaan di Indonesia berdasarkan pertimbangan UMR, beban kerja, dan lainnya.

d) *Maintenance Expense*

Pada *maintenance expense*, terdapat 2 komponen yang masuk dalam perhitungan yaitu material dan labor. Dalam pra-rancangan, biasanya presentasi 6-10% dari FCI digunakan untuk menghitung *maintenance cost*. Untuk proses yang membutuhkan alat seperti kompresor, pompa, dan proses yang beroperasi pada tekanan dan suhu tinggi, lebih baik menggunakan presentase tertinggi (Couper et al., 2012). Dipilih dalam perhitungan biaya *maintenance* sebesar 6% FCI.

e) *Payroll Charges*

Payroll charges mencakup biaya kompensasi pekerja, premi jaminan sosial, pajak pengangguran, liburan berbayar, dan liburan serta premi asuransi jiwa, medis, dan gigi. Dalam beberapa tahun terakhir, kontribusi perusahaan untuk program pensiun telah menurun dengan lebih banyak tanggung jawab yang dibebankan kepada karyawan. Mulai akhir tahun 1990-an, *payroll charges* menjadi 30-40% (Couper et al., 2012). Dipilih biaya *payroll charges* sebesar 30% dari *Labor* dan *Supervision Cost*.

f) *Operating Supplies Cost*

Operating supplies cost meliputi bagian instrument perkantoran, kertas, komputer, alat kebersihan kantor, dan lainnya. Untuk pra-rancangan diperkirakan biaya *operating supplies cost* sebesar 5-7% dari *operating labor cost* (Couper et al., 2012). Dipilih dalam perhitungan sebesar 5%.

g) *Laboratory Expense*

Dengan adanya analisis inline dan peralatan canggih lainnya untuk penggunaan pada lini produksi, pengeluaran *laboratory* digunakan pada sebagai item terpisah. Pada pra-rancangan, dapat digunakan 15-20% dari *operating labor cost* untuk biaya laboratorium (Couper et al., 2012). Dipilih dalam perhitungan sebesar 15%.

h) *Environmental Control Expense*

Limbah dari operasi pabrik harus dibuang dalam kondisi aman dan ramah lingkungan. Biaya untuk mengolah limbah agar tidak merusak lingkungan ditanggung oleh pabrik sendiri, walaupun terkadang menggunakan pihak ketiga (Couper et al., 2012). Biaya ini diperkirakan sebesar 0,5% dari FCI.

i) *Clothing and Laundry Cost*

Biasanya dalam semua industry, perusahaan menyediakan pakaian dan layanan *laundry* kepada karyawan. Pengeluaran ini bervariasi tergantung dari jumlah dan jenis pakaiannya. Presentasi biaya *clothing dan laundry* direkomendasi 15-20% dari operating labor cost (Couper et al., 2012). Dipilih dalam perhitungan sebesar 15%.

j) *Technical Service Expense*

Pada beberapa perusahaan, biaya *maintenance* teknis atau *engineering assistance* termasuk ke dalam *operating expenses* untuk memelihara kualitas orang-orang yang berkaitan langsung dengan proses. Biaya ini direkomendasikan sebesar 25% dari gaji *engineer* baru (Couper et al., 2012).

k) *Royalties Expense*

Royalties expense merupakan biaya yang dianggap sebagai pengganti biaya penelitian dalam membeli teknologi luar. Besarnya sekitar 0-5% dari penjualan produk (Couper et al., 2012). Dipilih di perhitungan 0,5%.

3) *Indirect Expenses*

a) *Depreciation Cost*

Depresiasi merupakan penurunan harga peralatan dan Gedung akibat pemakaian selama waktu tertentu. Untuk perhitungan *operating expense* digunakan metode perhitungan depresiasi secara *straight-line* dan dianggap nilai sisa atau *salvage value* (S) sebesar 10% dari FCI.

b) *Plant Indirect Expenses*

Biaya ini merupakan pengeluaran tidak langsung pabrik yang dapat mencakup biaya asuransi properti, asuransi keselamatan pekerja dan properti, kompensasi pekerja, pajak kawasan *industry, safety* dan keamanan pabrik, perbaikan jalan, lapangan, dan anjungan, serta biaya kantin. Biaya ini diperkirakan sebesar 3-5% dari FCI. Cara lain perhitungan dapat menjumlahkannya dengan persentase *investment* dan *labor* pada Table 5.3 (Couper et al., 2012). Karena pabrik asam akrilat yang didirikan berkapasitas kecil, maka persentase yang digunakan adalah 4% *investment* dari FCI ditambah dengan 45% dari *labor cost*.

4) *Packaging, Loading, and Shipping Expenses*

Produk dapat dikemas dalam berbagai kemasan atau wadah seperti *fiber drum, leverparks, barrels, carbous*. Namun, beberapa produk dapat ditransfer melalui pipa, misalnya produk gas. Biaya *packaging* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pengemasan produk. Biaya *loading* dan *shipping* merupakan biaya pengiriman produk yang ditanggung oleh perusahaan dan menjadi bagian dari *total operating expense*. Biaya ini diperkirakan sebesar 0-7% dari penjualan produk (Couper et al., 2012). Dipilih dalam perhitungan 5% dari penjualan.

b. *General Overhead Expenses*

1) *Management Salaries Expenses*

Management salaries expenses adalah biaya yang digunakan untuk memberikan gaji kepada seluruh karyawan perusahaan yang terlibat pada proses.

2) *Sales Offices Expenses*

Sales offices expenses adalah biaya yang berkaitan dalam penjualan produk, dan promosi produk ke pasar apabila tergolong produk baru. Biaya ini diperkirakan 2% dari biaya penjualan produk.

3) *Research and Development Expenses*

Biaya *research laboratories* diperlukan untuk mendukung pengembangan pabrik, baik proses maupun peningkatan kualitas produk. Selain itu, biaya ini juga dialokasikan untuk pembiayaan pengembangan *human resources* dari karyawan untuk meningkatkan skill dan kemampuannya. Diperkirakan biaya ini sebesar 4% dari biaya penjualan produk.

7.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan suatu pabrik diperlukan agar dapat mengetahui tingkat keuntungan yang diperoleh suatu pabrik. Analisa kelayakan juga diperlukan untuk mengetahui apakah suatu pabrik berpotensi atau tidak untuk didirikan

dari segi ekonomi. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui kelayakan dari suatu pabrik, yaitu:

1. Keuntungan atau *Profit on Sales* (POS)

POS adalah faktor yang dihitung untuk mengetahui tingkat keuntungan yang diperoleh tiap harga penjualan produk. Berikut adalah rumus perhitungannya:

$$\text{POS} = \frac{\text{Annual profit}}{\text{Annual Sales Revenue}} \times 100\%$$

2. *Return on Investment* (ROI)

ROI merupakan alat pengukur kemampuan perusahaan dalam menghasilkan keuntungan dengan seluruh aktiva (aset/pendapatan) yang tersedia di dalam perusahaan dengan melihat seberapa besar tingkat laba yang dihasilkan atas sejumlah investasi yang ditanamkan. Semakin tinggi ROI nya maka semakin baik perkembangan perusahaan tersebut dalam memanfaatkan aktiva untuk menghasilkan laba (Landora'i et al., 2014). Berikut ini rumus untuk menghitung ROI berdasarkan Couper et al., (2012):

$$\text{ROI} = \frac{\text{Annual Net Profit After Taxes}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

3. *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR merupakan tingkat pengembalian berdasarkan penentuan nilai tingkat bunga (*discount rate*), dimana semua keuntungan masa depan yang dinilai sekarang dengan *discount rate* tertentu adalah sama dengan biaya kapital atau *present value* dari total biaya. IRR dihitung berdasarkan NPV (*Net Present Value*) = 0. Nilai IRR dari suatu proyek harus lebih besar dari nilai suku bunga yang berlaku atau yang ditetapkan dipakai dalam perhitungan kelayakan proyek. Perhitungannya menggunakan cara trial and error. Jika nilai IRR lebih besar dari *discount rate* yang berlaku, maka proyek mempunyai keuntungan ekonomi (Kementrian PUPR, 2017).

Jika nilai IRR pendirian pabrik lebih besar daripada nilai suku bunga deposito bank saat ini, maka akan lebih menguntungkan bagi investor untuk menginvestasikan uangnya pada pabrik. Namun, jika IRR lebih kecil, maka pabrik tersebut tidak menguntungkan, dan *investor* lebih baik

menginvestasikan uangnya pada bank. Suku bunga deposito bank saat ini berkisar 2,00% - 5,50%.

4. *Pay Out Time (POT)*

POT adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Keuntungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam waktu berapa tahun besarnya biayanya investasi akan kembali. Perhitungan dilakukan dengan membagi capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi. Berikut ini rumus perhitungan POT:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Annual Profit} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

5. *Break Even Point (BEP)*

Analisis BEP merupakan satu bentuk sederhana dari *feasibility analysis* yang berguna bagi manager untuk menentukan keputusan saat terdapat ketidakpastian tertentu. BEP ini mengacu pada titik dimana operasi mencapai impas atau pendapatan pabrik sama dengan total biaya yang dikeluarkan. Pendapatan dan biaya pengeluaran diplot pada grafik sebagai fungsi dari tingkat produksi atau kapasitas produksi. Titik dimana garis pendapatan (S) memotong garis biaya total (V) adalah titik BEP (Couper et al., 2012). Analisis BEP juga merupakan suatu cara yang digunakan manager perusahaan untuk mengetahui atau untuk merencanakan pada volume produksi atau penjualan berapakah perusahaan yang bersangkutan tidak rugi dan belum memperoleh laba (Choiriyah, 2016).

6. *Shut Down Point (SDP)*

SDP terjadi ketika garis pendapatan (S) memotong garis biaya tetap (F). Hal ini menandakan bahwa jika sebuah perusahaan sudah tidak membayar biaya tetap (*fixed cost*) dan harus menghentikan operasinya, atau biasa disebut titik pabrik mengalami bangkrut. Dalam waktu singkat, perusahaan masih dapat beroperasi saat keadaan di tengah titik BEP dan SDP untuk mempertahankan pelanggan (Couper et al., 2012).

7.5 Hasil Perhitungan

A. Total Capital Investment (TCI)

1. Fixed Capital Investment (FCI)

a. Direct Plant Cost

Berikut ini hasil perhitungan *Direct Plant Cost* (DPC):

Tabel 7.2 Perhitungan *Direct Plant Cost* (DPC)

Parameter	Keterangan	Cost
<i>Purchased Equipment Cost</i>		19.416.712
<i>Equipment Installation</i>	39% PEC	3.150.164
<i>Piping</i>	31% PEC	9.788.980
<i>Instrumentation and Controls</i>	18% PEC	4.882.814
<i>Electrical</i>	10% PEC	2.051.712
<i>Buildings</i>		2.588.287
<i>Yard Improvement</i>	10% PEC	111.725
<i>Service Facilities</i>	70% PEC	2.588.287
Total DPC		\$ 55.257.873 Rp 890.261.794.598

b. Indirect Plant Cost (IPC)

Tabel 7.3 Perhitungan *Indirect Plant Cost* (IPC)

Parameter	Keterangan	Cost
<i>Engineering and Supervision</i>	32% DPC	\$ 17.682.519,21
<i>Construction Expenses</i>	34% DPC	\$ 18.787.676,66
Total IPC		\$ 36.470.195,87 Rp. 590.817.173,06

c. Contractor's Fee

$$\begin{aligned}\text{Contractor's Fee} &= 5\% \times (\text{IPC}) \\ &= 5\% \times (\$ 36.470.195,87) \\ &= \$4.586.403,420\end{aligned}$$

Contingency

$$\begin{aligned} \text{Contingency Cost} &= 10\% \times (\text{IPC}) \\ &= 10\% \times (\$ 36.470.195,87) \\ &= \$ 9.172.806,84 \end{aligned}$$

Maka, total biaya *Fixed Capital Investment* (FCI) adalah:

Tabel 7.4 Perhitungan *Fixed Capital Investment* (FCI)

Parameter	Cost
<i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	\$ 55.257.872,53
<i>Indirect Plant Cost</i> (IPC)	\$ 36.470.195,87
<i>Contractor's Fee</i>	\$ 4.586.403,42
<i>Contingency</i>	\$ 9.172.806,83
Total FCI	\$ 105.487.278,65

2. *Land Expenses*

Harga tanah di Kawasan Industri Indramayu adalah Rp Rp.1.250.000,- per m² (<http://commercial.raywhite.co.id>). Perkiraan harga tanah pada tahun 2027 sebesar Rp 2.000.000,- per m².

$$\begin{aligned} \text{Luas area pabrik} &= 20.850 \text{ m}^2 \\ \text{Harga tanah} &= \text{Rp } 2.000.000,- \text{ per m}^2 \\ \text{Land Expenses} &= \text{Luas tanah} \times \text{harga tanah} \\ &= 20.850 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 2.000.000,- \text{ per m}^2 \\ &= \text{Rp } 41.700.000.000,- \text{ atau } \$ 2.588.287,29 \end{aligned}$$

3. *Plant Start-Up Expenses*

$$\begin{aligned} \text{Plant Start-Up Expenses} &= 10\% \times \text{FCI} \\ &= 10\% \times \$ 105.487.278,654 \\ &= \$ 10.548.727,865 \end{aligned}$$

4. *Interest During Construction* (IDC)

Pabrik rencana didirikan dalam kurun waktu 2 tahun dan diperkirakan nilai *Interest Rate* selama konstruksi sebesar 8% dari FCI

$$\text{Interest During Construction} = 2 \text{ tahun} \times 8\% \times \text{FCI}$$

$$= 2 \times 8\% \times \$105.487.278,654$$

$$= \$ 16.877.964,585$$

5. Working Capital Investment (WCI)

$$TCI = FCI + Land + IDC + Start-up Expenses + WCI$$

$$TCI = FCI + Land + IDC + Start-up Expenses + (15\% TCI)$$

$$85\% TCI = FCI + Land + IDC + Start-up Expenses$$

Sehingga, dapat dihitung total TCI adalah:

$$TCI = \frac{FCI + Land + IDC + Startup Expenses}{85\%}$$

dan WCI = 15% dari TCI

Maka, dapat dihitung sebagai berikut:

$$TCI = \frac{\$ 105.487.279 + \$ 16.877.965 + \$ 2.588.287,29 + \$ 10.548.727,865}{85\%}$$

$$TCI = \$159.414.421,636$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Working Capital Investment &= 15\% \times TCI \\ &= 15\% \times \$ 159.414.421,636 \\ &= \$ 23.912.163,245 \end{aligned}$$

Maka, Total Capital Investment (TCI) adalah sebagai berikut:

Tabel 7.5 Perhitungan *Total Capital Investment* (TCI)

Parameter	Cost
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	\$ 105.487.279
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	\$ 23.912.163
<i>Plant Start-Up Expenses</i>	\$ 10.548.728
<i>Interest During Construction (IDC)</i>	\$ 16.877.965
Total TCI	\$ 156.826.134

B. Total Operating Expenses

1. Product Expenses

a. Raw Material Expenses

$$\text{Kapasitas produk Acrylic Acid} = 92.000 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas bahan baku Propilen	= 8.845,12 kg/jam
Kapasitas katalis Reaktor 1	= 60.00 kg
Kapasitas katalis Reaktor 2	= 60.00 kg
Harga bahan baku propilen	= \$ 1,0 per kg
Harga katalis	= \$ 1,0 per kg
Harga produk <i>Acrylic Acid</i>	= \$ 2,50 per kg
Sales	= 92.000 ton × \$ 2,50 per kg
	= \$ 230.000,00

Tabel 7.6 Perhitungan *Raw Material Expenses*

Komponen	Kapasitas (kg/tahun)	Harga (\$/kg)	Biaya
Propilen	67.412.006	\$ 1,00	\$ 67.007.534,79
Katalis	52.000	\$ 120,00	\$ 6.240.000,000
Total <i>Raw Material Cost</i>			\$ 73.247.534,00

b. *Direct Manufacturing Cost*

Tabel 7.7 Perhitungan *Direct Manufacturing Cost*

Parameter	Keterangan	Cost
<i>Raw Material</i>		\$ 73.247.534
<i>Utilities</i>		\$ 33.132.917
<i>Operating Labor</i>		\$ 1.098.998
<i>Supervision</i>		\$ 256.790
<i>Maintenance</i>	6% FCI	\$ 6.329.237
<i>Payroll Charges</i>	30% (Labor + Supervision)	\$ 406.736
<i>Operating Supplies</i>	5% Labor	\$ 54.950
<i>Laboratory</i>	20% Labor	\$ 109.900
<i>Environmental Control</i>	0,5% FCI	\$ 527.436
<i>Clothing and Laundry</i>	15% Labor	\$ 164.850
<i>Technical Service</i>	25% Engineer's Salary	\$ 1.513
<i>Royalties and Patents</i>	0,5% Sales	\$ 1.150.000
Total <i>Direct Manufacturing Cost</i>		\$ 116.480.860

c. *Indirect Manufacturing Cost*

Tabel 7.8 Perhitungan *Indirect Manufacturing Cost*

Parameter	Keterangan	Cost
<i>Depreciation</i>	10% FCI	\$ 4.746.927,539
<i>Plant Indirect Expenses</i>	4% FCI + 45% Labor	\$ 4.714.040,226
Total <i>Indirect Manufacturing Cost</i>		\$ 9.460.967,765

d. *Packaging, Loading, and Shipping*

$$\begin{aligned} \text{Package, Load, Ship} &= 5\% \times \text{Sales} \\ &= 5\% \times \$ 230.000.000,00 \\ &= \$11.500.000 \end{aligned}$$

Maka, Tota FCI *Product Expenses* adalah:

Tabel 7.9 Perhitungan *Product Expenses*

Parameter	Cost (\$)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	\$ 116.480.860,29
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	\$ 9.460.967,76
<i>Packaging, Loading, Shipping</i>	\$ 11.500.000,00
Total <i>Product Expenses</i>	\$ 137.441.828,053

2. ***General Expenses***

Tabel 7.10 Perhitungan *General Expenses*

Parameter	Keterangan	Cost (\$)
<i>Management Salaries</i>		\$ 578.547,38
<i>Sales Offices</i>	2% Sales	\$ 4.600.000,00
<i>Research and Development</i>	4% Sales	\$ 9.200.000,00
Total <i>General Expenses</i>		\$ 13.778.547,38

Maka, Total *Operating Expense* adalah sebagai berikut:

Tabel 7.11 Perhitungan *Total Operating Expense*

Parameter	Cost (\$)
<i>Total Product Expenses</i>	\$ 137.441.828,05
<i>Total General Expenses</i>	\$ 13.778.547,38
Total Operating Expense	\$ 150.670.375,434

C. Analisa Kelayakan (*Feasibility Analysis*)

1. Sales and Profit

Sales Expense = \$ 230.000.000,000

Total Operating Expense = \$ 150.670.375,434

Profit Before Taxes = \$ 69.329.624,566

Jika, taxes sebesar 22% (Perpu No. 1 Tahun 2020), maka

Profit After Taxes = \$ 51.997.218,424

Profit on Sales (POS) Before Taxes = 31,51%

Profit on Sales (POS) After Taxes = 23,64%

2. Angsuran Pinjaman Bank

Angsuran Pinjaman Bank

Suku bunga pinjaman = 10% FCI = 10% × \$ 9.798.624,823 = \$ 979.862,47

Presentase hutang = 80% FCI = 80% × \$ 9.798.624,823 = \$ 7.838.899,86

Maka, angsuran bank yang harus dibayar:

Total Angsuran Bank = Bunga + Hutang

= \$ 979.862,47 + \$ 7.838.899,86

= \$ 8.818.762,34

Jika tahun cicilan sebesar 5 tahun, maka angsuran bank yang harus dibayar per bulan sebesar \$ 146.979,37

3. Return on Investment (ROI)

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

ROI Before Taxes = 38%

ROI After Taxes = 28,8%

4. Internal Rate of Return (IRR)

$$P = \frac{F}{(1 + IRR)^n}$$

IRR = 30,53%

5. Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investmen}}{\text{Profit} + \text{Depresiasi}}$$

Waktu payout time pendirian pabrik Asam Akrilat ini adalah 3,18 Tahun atau 3 tahun 2 bulan.

6. Break Even Point (BEP)

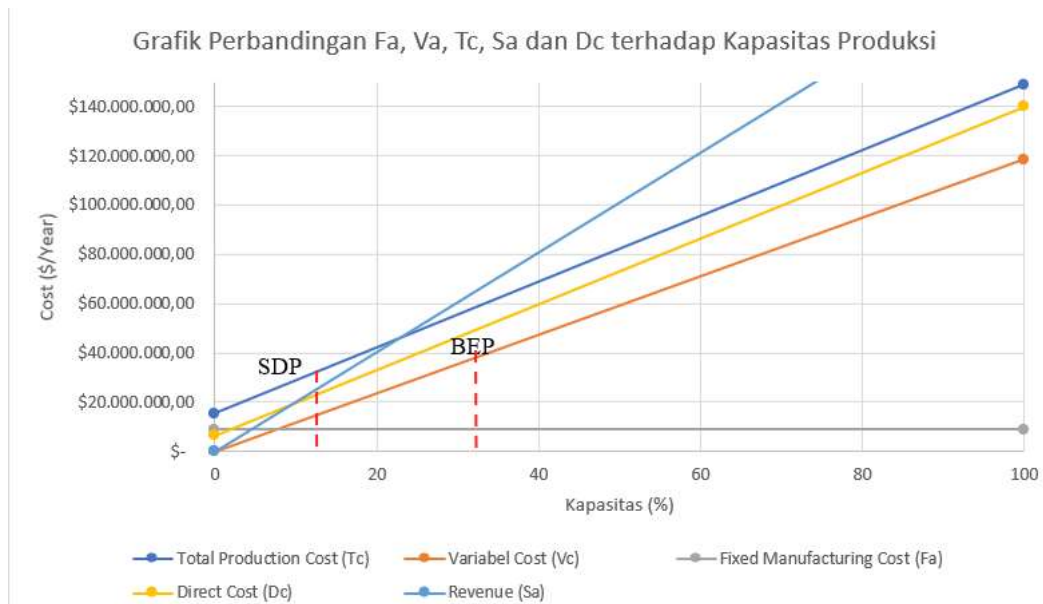
$$BEP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%$$

Pada gambar 7.1 dapat dilihat titik BEP = 32,91%

7. Shut Down point (SDP)

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

Pada gambar 7.1 dapat dilihat titik SDP = 16,02%



Gambar 7.2 Grafik Penentuan Titik BEP dan SDP

Dari perhitungan analisa ekonomi pendirian pabrik diatas, diperoleh nilai POS (*Profit on Sales*) dan ROI (*Return on Investment*) yang cukup, yaitu 23,64% dan 28,8%. Jika dilihat dari IRR (*Internal Rate of Return*) yang

diperoleh sebesar 30,53 %, masih jauh diatas suku bunga deposito bank pada April 2022 yang berkisar 2,00% - 5,50%. Hal ini menandakan bahwa akan lebih menguntungkan bagi *investor* jika menanam sahamnya untuk pendirian pabrik ini daripada menanam saham di bank. Selain itu, diperoleh waktu POT (*Pay Out Time*) sebesar 3,18 tahun juga masih layak. Kemudian, nilai BEP sebesar 32,91% dan SDP 16,02% memberikan gambaran bahwa pabrik yang didirikan layak dan dalam batas wajar untuk pendirian pabrik baru. Oleh karena itu, dari perhitungan analisa ekonomi pendirian Pabrik *Acrylic Acid* dengan proses Oksidasi Propilen berkapasitas 92.000 ton/tahun, dapat disimpulkan pabrik ini layak untuk didirikan berdasarkan berbagai pertimbangan diatas.

DAFTAR PUSTAKA

- American Elements. (2000). *Product Datasheet Tungsten Oxide-Molybdenum Oxide*. 1–6.
- American Elements. (2015). *Product Datasheet Bismuth (III) Molybdate*. 2(iii), 1–12.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*.
- BPS. (2022). *Tabel Dinamis Data Ekspor-Impor Asam Akrilat Tahun 2015-2021*.
- Choiriyah, V. U. (2016). *PADA TINGKAT LABA YANG DIHARAPKAN (Studi Kasus pada Perhutani Plywood Industri Kediri Tahun 2013-2014)*. 1, 196–206.
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., & Walas, S. M. (2012). *Chemical Processes Equipment*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). MODUL 5 Kelayakan Finansial. *Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*, 1–34.
- Keuangan, O. J. (2022). *SBDK Juli 2018 - Agustus 2022*.
- Kirk-Othmer. (1989). Encyclopedia Of Chemical Technology. In *Encyclopedia of Chemical Technology* (Vol. 101, Issue 1988).
- Landora'i, D. S., Rengkung, R., & Tangkere, E. (2014). PENGUKURAN KINERJA KEUANGAN BERDASARKAN ROI (RETURN ON INVESTMENT) DENGAN PENDEKATAN SISTEM DUPONT PADA PT . TROPICA COCOPRIMA Daud Steven Landora ' i Recky Rengkung PENDAHULUAN Perkembangan dunia saat ini sangat mempengaruhi semua aspek kehidupan tidak. *Jurnal Agri-SosioEkonomiUnsrat*, 13(1), 89–98.
- Lingga, I. S. (2006). Analisis Pemilihan Bentuk Usaha yang Tepat: Suatu Upaya dalam Meminimalkan Beban Pajak Penghasilan. In *Jurnal Ilmiah Akuntansi* (Vol. 5, Issue 2, pp. 37–46).
- Perry, R. ., & Green, D. (2008). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* (McGraw Hill Companies Inc (ed.); 8th ed.).
- Prasad, K., & Kumar, P. (1988). *Manufacture of Acrylic Acid By Partial Oxidation of*.

- PT. Chandra Asri Petrochemical. (2021). *PT. Chandra Asri Petrochemical*.
- PT. Nippon Shokubai Indonesia. (2021). *PT. Nippon Shokubai Indonesia*.
<https://www.shokubai.co.jp/en/>
- Redlingshöfer, H., Fischer, A., Weckbecker, C., Huthmacher, K., & Emig, G. (2003). Kinetic Modeling of the Heterogeneously Catalyzed Oxidation of Propene to Acrolein in a Catalytic Wall Reactor. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(22), 5482–5488. <https://doi.org/10.1021/ie030191p>
- Ulrich D, G. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*.
- Yaws, C. L. (1999). *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L. Yaws, 1996 .pdf* (pp. 1–772).

LAMPIRAN