

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL
KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

**Nama : Lutfa Rahmawati Nama : M. Iqbal Maulana
No. Mahasiswa : 14521090 No. Mahasiswa : 14521293**

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

2018

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM
AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

**Nama : Lutfa Rahmawati Nama : M. Iqbal Maulana
No. Mahasiswa : 14521090 No. Mahasiswa : 14521293**

Yogyakarta, 13 Agustus 2018

Pembimbing I,

Pembimbing II

Ir. Tuasikal Muhammad Amin, M.Sn. Venitalitya Alethea S.A, S.T.,

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METHANOL KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

Nama : Lutfa Rahmawati Nama : M. iqbal Maulana
No.Mhs : 14521090 No.Mhs : 14521293

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 28 September 2014

Tim Penguji,

Ir. Tuasikal Muhammad Amin _____
Ketua

Dr.Ir.Farham HM.Saleh,MSIE _____
Anggota I

Ir. Asmanto Subagyo, M.Sc _____
Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dr.Suharno Rusdi

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lutfa Rahmawati Nama : M. Iqbal Maulana
No. Mahasiswa : 14521090 No.Mahasiswa: 14521293

Yogyakarta, 20 September 2018

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

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

Lutfa Rahmawati

M. Iqbal Maulana

MOTTO

Kami perintahkan kepada manusia (Berbuat Baik) kepada dua orang ibu-bapaknya. ibunya telah mengandung dalam keadaan lemah dan bertambah-tambah, dan menyapihnya dalam dua tahun. Bersyukurlah kepadaku dan kedua orang ibu-bapakmu, hanya kepada –Kulah kembalimu

(Q S Lukman : 14)

Dan tolong-menolong kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan pelanggaran. Dan bertakwalah kamu kepada kepada Allah, sesungguhnya Allah amat berat siksa-Nya

(al-Maidah/5:2)

Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat

(Q S Mujadillah : 11)

HALAMAN PERSEMBAHAN

- Saya persembahkan khusus buat ayah dan mama saya tercinta yang selalu senantiasa mendoakan saya dan memberikan kasih sayang dan support baik moril maupun material, saya persembahkan hasil karya yang sederhana ini.
- Saya persembahkan buat keluarga yang berada di binjai yang selalu memberikan uang ketika lagi tidak ada uang
- Saya persembahkan buat teman-teman dekat saya yang berada di jogja dan binjai yang selalu memberikan support dalam keadaan susah maupun senang

Kata Pengantar

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Kimia *Methyl Acrylate* dengan Proses Esterifikasi Asam Akrilat dan Metanol Kapasitas 24.000 Ton/Tahun”.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua kami yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk kami.
2. Rektor Universitas Islam Indonesia, Bapak Fathul Wahid S.T., M. Sc., Ph.D
3. Bapak Prof. Dr.Ir. Hari Purnomo selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
4. Dr.Suharno Rusdi selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia FTI UII yang selama kuliah di jurusan Teknik Kimia ini telah membimbing kami dengan sabar.
5. Ir. Tuasikal Muhammad Amin, M.Sn. sebagai pembimbing pertama yang selalu memberikan arahan dan bimbingan kepada kami selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
6. Venitalitya Alethea S.A, S.T., sebagai pembimbing kedua yang dengan sabar dan selalu menyempatkan waktunya untuk membimbing kami dalam pengerjaan tugas akhir ini.

7. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Jurusan Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
8. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2014 yang telah mendukung dan memberikan semangat dan telah berjuang bersama-sama selama ini.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Yogyakarta, 13 Agustus 2018

Penulis

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
Abstrak.....	xii
Abstract.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Perancangan.....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	5
1.4 Tinjauan Pustaka	5
1.4.1 Pemilihan Proses	5
1.4.2 Kegunaan Produk	9
BAB II. PERANCANGAN PRODUK.....	11
2.1. Spesifikasi Produk.....	11
2.2. Spesifikasi Bahan Baku	11
2.3. Spesifikasi Bahan Pembantu	13
2.4. Pengendalian Kualitas.....	14
BAB III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Uraian Proses	16
3.1.1 Dasar Reaksi	16
3.1.2 Mekanisme Reaksi.....	16

3.1.3 Sifat Reaksi.....	17
3.2 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses.....	20
3.2.1 Diagram Alir Proses	20
3.2.2 Tahapan Proses	23
3.2.3 Neraca Massa dan Neraca Panas	24
3.2.4 Neraca Massa.....	24
3.2.5 Neraca Panas.....	28
3.3 Spesifikasi Alata/Mesin Produk.....	30
3.3.1 Reaktor	30
3.3.2 Decenter	32
3.3.3 Menara Distilasi 01	32
3.3.4 Menara Distilasi 02	35
3.3.5 Separator.....	35
3.3.6 Condensor 01.....	36
3.3.7 Condensor 02.....	37
3.3.8 Condensor 03.....	38
3.3.9 Reboiler 01	39
3.3.10 Reboiler 02.....	39
3.3.11 Accumulator 01.....	39
3.3.12 Accumulator 02.....	40
3.3.13 Tangki Penyimpanan.....	41
3.3.14 Heat Exchanger	44
3.3.15 Pompa.....	54
3.4 Perencanaan Produksi	61
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK	62
4.1 Lokasi Pabrik	62
4.2 Tata Letak Pabrik.....	64
4.3 Tata Letak Alat.....	67
4.4 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	72
4.5 Utilitas.....	71
4.5.1 Unit Pengadaan Air	74

4.5.2	Pengolahan Air	78
4.5.3	Unit Penyediaan Steam	82
4.5.4	Unit Penyediaan Listrik.....	82
4.5.5	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	83
4.5.6	Unit Penyedia Udara Tekan	84
4.5.7	Spesifikasi Alat-Alat Utilitas	84
4.6	Laboratorium.....	98
4.6.1	Program Kerja Laboratorium	100
4.6.2	Prosedur Analisa Produk.....	101
4.6.3	Unit Pegolahan Limbah.....	102
4.7	Organisasi Perusahaan	102
4.7.1	Bentuk Perusahaan	103
4.7.2	Struktur Organisasi	104
4.7.3	Tugas dan Wewenang	108
4.7.4	Ketenagakerjaan.....	115
4.7.5	Kesejahteraan Karyawan.....	118
4.7.6	Fasilitas Karyawan.....	121
4.7.7	Manajemen Produksi	123
4.7.8	Perencanaan Produksi	124
4.7.9	Pengendalian Produksi.....	125
4.8	Evaluasi Ekonomi	126
4.8.1	Penaksiran Harga Peralatan	128
4.8.2	Perhitungan Biaya	131
4.8.3	Pendapatan Modal.....	132
4.8.4	Analisis Kelayakan	133
4.8.5	Perhitungan Ekonomi.....	136
BAB V. PENUTUP.....		160
5.1.	Kesimpulan	160
5.2.	Saran	161
DAFTAR PUSTAKA		163

Daftar Tabel

Tabel 1.1. Data Impor <i>Methyl Acrylate</i> di Indonesia.....	3
Tabel 1.2. Kapasitas Produksi Berbagai Pabrik di Dunia	4
Tabel 1.3. Perbandingan Proses Produksi	8
Tabel 1.4. Alokasi Penggunaan <i>Methyl Acrylate</i> di Dunia	10
Tabel 3.1 Harga ΔG^0_f Masing-masing Komponen	18
Tabel 3.2. Harga ΔH^0_f Masing-Masing Komponen.....	19
Tabel 3.3. Neraca Massa Reaktor 1	25
Tabel 3.4 Neraca Massa Decanter.....	26
Tabel 3.5 Neraca Massa Menara Distilasi 01.....	26
Tabel 3.6 Neraca Massa Pada Menara Distilasi 02.....	27
Tabel 3.7. Neraca Massa Pada Separator	28
Tabel 3.8 Neraca Panas Pada Reactor	28
Tabel 3.9 Neraca Panas Pada Decanter.....	29
Tabel 3.10 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 01.....	29
Tabel 3.11 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 02.....	29
Tabel 3.12 Neraca Panas Pada Separator	30
Tabel 4.1. Perician Luas Tanah.....	67
Tabel 4.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	76
Tabel 4.3. Kebutuhan Air Untuk Pembangkit Steam.....	77
Tabel 4.4. Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi	78
Tabel 4.5. Jadwal Pembagian kelompok shift.....	117
Tabel 4.6. Perincian Tugas dan Keahlian.....	119
Tabel 4.7. Jumlah Karyawan Menurut Jabatan.....	119

Tabel 4.8. Perincian Golongan dan Gaji Karyawan.....	121
Tabel 4.9. Indeks Harga Alat	128
Tabel. 4.10. Harga Alat Proses.....	137
Tabel. 4.11. Harga Alat Utilitas	137
Tabel. 4.12. Data <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	143
Tabel. 4.13. Data <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	144
Tabel. 4.14. Tabel Bahan Baku Pabrik <i>Methyl Acrylate</i>	145
Tabel. 4.15. <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	147
Tabel. 4.16. <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	149
Tabel. 4.17. <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	150
Tabel. 4.18. <i>Manufacturing Cost</i> (MC)	150
Tabel. 4.19. <i>Working Capital</i> (WC).....	152
Tabel. 4.20. <i>General Expense</i> (GE)	154
Tabel. 4.21. Analisa Kelayakan	158

Daftar Gambar

Gambar 1.1. Grafik Impor <i>Methyl Acrylate</i> di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Struktur Kimia <i>Methyl Acrylate</i>	6
Gambar 3.1. Diagram Alir Proses	21
Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif	22
Gambar 4.1. <i>Lay Out</i> Pabrik <i>Methyl Acrylate</i>	68
Gambar 4.2. Tata Letak Alat Proses.....	71
Gambar 4.3. Struktur Organisasi.....	107
Gambar 4.4. Grafik Indeks Harga Tiap Tahun.....	128
Gambar. 4.5. Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SD	159

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Perancangan Reaktor (R-01).....	164
---	-----

ABSTRAK

Methyl Acrylate adalah salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri kimia dibidang polimer (poliakrilat). Biasanya *Methyl Acrylate* digunakan sebagai bahan baku pembuatan cat (*coating*), bahan perekat, dan *binder* untuk industri kulit, kertas, dan tekstil serta untuk komponen kopolimer dari *acrylic fiber* agar indonesia tidak import bahan tersebut dan mengurangi tingkat pengangguran di indonesia. Pendirian pabrik *methyl acrylate* direncanakan akan didirikan di daerah Cilegon, Banten, Jawa Barat. Hal ini karena lokasi tersebut dekat dengan bahan baku pembuatan *methyl acrylate* yaitu asam akrilat dan metanol. Pada pra rancangan ini proses pembuatan *methyl acrylate* dengan melalui proses esterifikasi asam akrilat dan metanol dengan bantuan katalis asam sulfat. Tekanan operasi 1 atm dan temperatur operasi sebesar 55°C. Proses reaksi berlangsung pada fase cair-cair menggunakan jenis reaktor *Continous Stirer Tank Reactor* (CSTR) pada kondisi isothermal. Proses pemisahan menggunakan dekanter dan dua buah menara distilasi. Produk *Methyl Acrylate* yang merupakan hasil atas menara distilasi kedua mempunyai kemurnian sebesar 99,5%.

Pendirian pabrik diperkirakan pada tahun 2023, didirikan di atas tanah seluas 21.100 m². Pabrik beroperasi selama 24 jam per hari dan 330 hari per tahun dengan kebutuhan bahan baku asam akrilat sebesar 2.627,503 kg/jam dan metanol sebesar 1.374,055 kg/jam. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 150 orang. Kebutuhan utilitas meliputi air pendingin sebanyak 29.535 kg/jam, air konsumsi umum dan sanitasi sebanyak 11.000 kg/jam dan *makeup boiler* sebanyak 6.255 kg/jam, bahan bakar sebanyak 380 L/jam dan kebutuhan listrik sebesar 367,56 KW.

Evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 27,4%, sesudah pajak 13,15%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,67 tahun, setelah pajak 4,32 tahun. *Break Event Point* (BEP) 50,24%, *Shut Down Point* (SDP) 28,39%, dan *Discounted Cash Flow* (DCF) 8,524%. Dari hasil evaluasi ekonomi, pabrik *Methyl Acrylate* dari asam akrilat dan metanol dengan kapasitas 24.000 ton/tahun layak untuk direalisasikan pembangunannya di Indonesia.

Kata-kata kunci: *Methyl Acrylate*, polimer, CSTR

ABSTRACT

Methyl acrylic ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) is one of the many chemicals used as raw material for the chemical industries, usually used as raw, material for the procuton of polymers. These polymers are used as paint (coating), binder, and a binder for the leather industry, paper and textiles as well as to the components of copolymer of acrylic fiber so that Indonesia no need to import that ingridients. The location of establishment of the planned factory in industrial area Cilegon,Banten. Raw materials used in the manufacture of methyl acrylic acid and acrylic is methanol. Methyl acrylic acid by esterification of acrylic and methanol in liquid phase with temperature of $55\text{ }^\circ\text{C}$ and 1 atm pressure in the reactor tank with flow series mounted on the condition of isothermal. Separation process with decanter and two distillation tower. The down phase of the decanter streamed toward the first distillation tower for the recycle of sulphuric acid is fed back into reactor. Top phase decanter fed into the second distillation tower to purify the product so has specs 99,5 % by weight.

The factory was planned to stand by 2023, built on the land with an area of 21.100 m^2 . The factory operates 24 hours per day and 330 days per year with acrylic acid raw materials needs of $2.627,503\text{ kg/h}$ and methanol $1.374,055\text{ kg/h}$. The number of labor needs as many as 150 people. The needs of utilities includes water cooling as much as 29.535 kg/h , water sanitation and public consumption as much as 11.000 kg/h boiler and make up as much as 6.225 kg/h . fuel as much as 380 L/h and electricity needs of $367,56\text{ KW}$

Economic Evaluation showed the percent return on investmen (ROI) before tax $27,4\%$, after tax pay out time $13,15\%$ before tax $2,67$ years after the tax $4,32$ years,break event point (BEP) $50,24\%$, shut down point (SDP) $31,06\%$ and discounted cash flow (DCF) are $8,524\%$. From the result of economic evaluation,methyl acrylic, acrylic acid and methanol with the capacity 24.000 tons/year deserve to be realized during the construction in Indonesia

Keywords : methyl acrylic,polymer,CSTR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang harus mempersiapkan diri untuk menghadapi era perdagangan bebas yang akan segera dimulai. Saat ini Indonesia masih tertinggal dibanding negara-negara lain dalam menghadapi era tersebut. Oleh karena itu berbagai upaya harus dilakukan agar Indonesia dapat bersaing dengan negara-negara lain.

Industri kimia memegang peranan penting dalam meningkatkan kemajuan bangsa. Salah satunya yaitu industri petrokimia yang saat ini mulai berkembang pesat di Indonesia. Hal tersebut dapat menunjang pertumbuhan industri lainnya. Namun berbagai kebutuhan produk-produk kimia belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri. Sebagian atau seluruhnya masih diimpor dari berbagai negara, terutama bahan-bahan yang merupakan produk antara untuk dijadikan berbagai produk lain yang lebih bermanfaat dan luas penggunaannya.

Methyl acrylate merupakan bahan antara yang banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri polimer (poliakrilat). Polimer digunakan sebagai cat (*coating*), bahan perekat, dan binder untuk industri kulit, kertas, dan tekstil. *Methyl acrylate* sendiri merupakan bahan aditif dalam pembuatan perekat berbasis kopolimer, industri *fiber* serta digunakan dalam produksi antioksidan dan amino ester.

Pembangunan industri kimia yang menghasilkan produk *methyl acrylate* sangat penting karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri yang pada akhirnya akan mengurangi pengeluaran devisa negara untuk mengimpor bahan baku tersebut. Selain itu, mengingat nilai strategis *methyl acrylate* yang ditunjukkan dengan luas penggunaannya, maka adanya industri *methyl acrylate* monomer sebagai bahan baku produk intermediet mempunyai prospek yang cukup baik di Indonesia.

1.2 Kapasitas Perancangan

Kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksinya maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Namun ada faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas produksi. Pabrik *methyl acrylate* yang dirancang direncanakan berdiri pada tahun 2023. Untuk memperoleh kapasitas perancangan pabrik tersebut terdapat pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

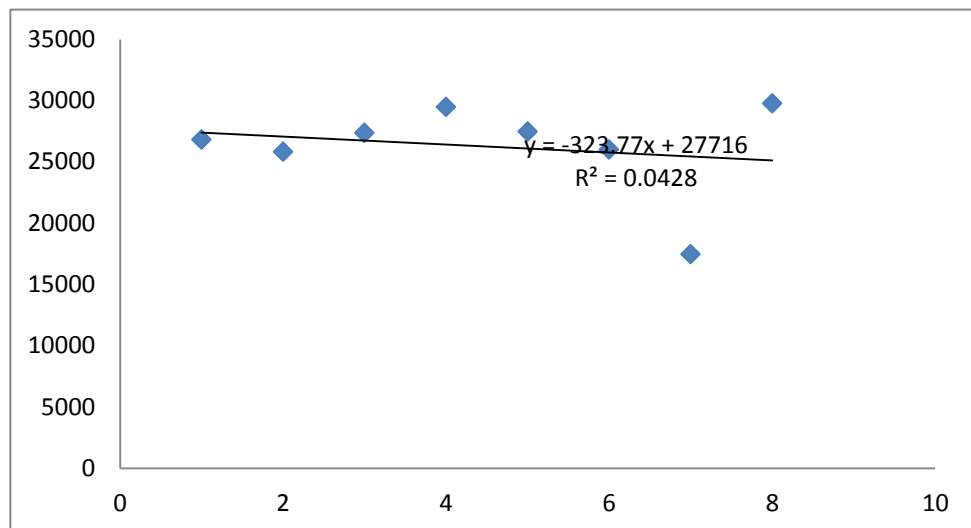
a. Kebutuhan *Methyl Acrylate* di Indonesia

Proyeksi kebutuhan *methyl acrylate* dapat dicari melalui data impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia memiliki kebutuhan impor *methyl acrylate* yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut:

Tabel 1.1. Data Impor *Methyl Acrylate* di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Impor (Ton)
2010	1	26806.57
2011	2	25800.07
2012	3	27342.14
2013	4	29464.00
2014	5	27465.27
2015	6	25987.93
2016	7	17463.99
2017	8	29741.59

(Sumber : bps.go.id)

**Gambar 1.1. Grafik Impor *Methyl Acrylate* di Indonesia**

Dari data pada tabel di atas dapat diperkirakan impor *methyl acrylate* pada tahun 2023 (tahun ke-8) dengan metode persamaan regresi linier adalah sebesar 23.184 ton/tahun.

b. Kapasitas Produksi *Methyl Acrylate* yang Sudah Berdiri

Untuk memproduksi *methyl acrylate* harus melakukan perbandingan terhadap kapasitas produksi dari berbagai pabrik yang telah ada sebelumnya. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Kapasitas Produksi Berbagai Pabrik di Dunia

Pabrik	Kapasitas
Toa Gosei Co., Ltd	20.000 ton/tahun
Arkema Inc.	45.000 ton/tahun
Singapore Acrylic Ester Pte., Ltd	82.000 ton/tahun

(Sumber: sumitomo-chem.com, chemicals-technology.com, icis.com)

Berdasarkan pada data diatas diketahui bahwa kebutuhan *methyl acrylate* di Indonesia hasil dari regresi linier adalah sebesar 23.184 ton/tahun. Sedangkan kapasitas minimal pabrik *methyl acrylate* yang telah berdiri di negara-negara lain adalah sebesar 20.000 ton/tahun dan kapasitas maksimal sebesar 82.000 ton/tahun. Oleh karena itu dapat ditentukan bahwa kapasitas perancangan pabrik *methyl acrylate* adalah sebesar 24.000 ton/tahun. Sehingga diharapkan:

1. Memenuhi kebutuhan *methyl acrylate* dalam negeri.
2. Meningkatkan pendapatan negara di sektor industri, serta dapat menghemat impor *methyl acrylate*.
3. Meningkatkan pertumbuhan industri kimia di Indonesia dalam rangka menghadapi era pasar bebas.

4. Memberikan lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran serta meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

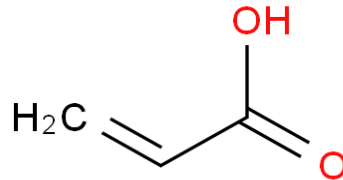
Bahan baku pembuatan *methyl acrylate* adalah *acrylic acid* dan methanol. Kedua bahan baku tersebut dapat dipenuhi dari dalam negeri yaitu *acrylic acid* yang diperoleh dari PT. Nippon Shokubai Indonesia (PT NSI) yang terletak di Cilegon, Banten. PT NSI memproduksi *acrylic acid* dengan kapasitas 140.000 ton/tahun yang mana merupakan produsen terbesar di Asia Tenggara untuk produk *acrylic acid* dan turunannya. Sedangkan bahan baku methanol dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia yang terletak di Bontang, Kalimantan Timur yang mempunyai kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun. Sehingga dengan demikian bahan baku cukup tersedia dan mudah diperoleh.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Pemilihan Proses

Methyl acrylate merupakan suatu senyawa organik dengan rumus $\text{CH}_2\text{CHCO}_2\text{CH}_3$. Senyawa ini merupakan metil ester dari *acrylic acid*. *Methyl acrylate* berbentuk cairan yang tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, serta larut dalam pelarut organik dan larut terhadap air. Senyawa ini banyak diproduksi sebagai *acrylate fiber*, yang banyak digunakan untuk menenun karpet sintetis. Senyawa ini juga banyak digunakan sebagai reagen pada sintetis berbagai macam produk farmasi. Dari segi *hazard*-nya, senyawa

ini termasuk senyawa yang berbahaya dan mudah terbakar. Struktur kimia *methyl acrylate* ditunjukkan pada Gambar 1.2.

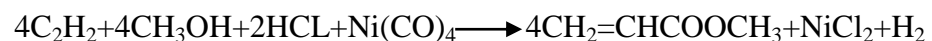


Gambar 1.2 Struktur Kimia *Methyl Acrylate*

Methyl Acrylate dapat diproduksi dari beberapa proses, diantaranya adalah :

a. Proses Asetilen

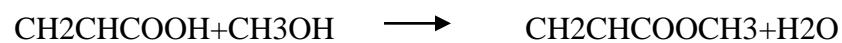
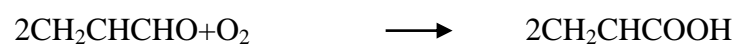
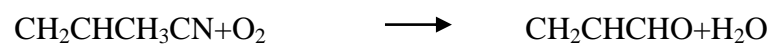
Pada proses ini *methyl acrylate* dibuat dengan mereaksikan dengan alkohol dalam suasana asam dengan katalis nikel karbonil pada tekanan 140,61-316,38 atm pada suhu 220-270⁰C. Kerugian proses ini adalah kesulitan dalam penanganan nikel karbonil yang beracun dan korosif serta kondisi operasi yang tinggi. Reaksi pada proses asetilen adalah sebagai berikut :



b. Oksidasi Propilen

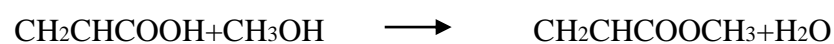
Proses oksida ini mula-mula akan membentuk akrolein. Oksidasi akrolein akan membentuk *acrylic acid*. Reaksi ini dilakukan pada fase uap dengan menggunakan katalisator cobalt malybdate-tellurium oksida dengan kondisi operasi 500⁰C dan tekanan atmosferis. Gas panas yang keluar dari reaktor segera didinginkan di

dalam alat pendingin untuk mencegah reaksi lebih lanjut dan pertumbuhan polimer. *Acrylic acid* diperoleh dengan memisahkan pada menara distilasi kemudian diesterifikasi pada suhu 200⁰C dengan menambahkan metanol dan katalisator asam mineral sehingga diperoleh *methyl acrylate* dengan konversi 58%. Reaksinya adalah :



c. Proses Esterifikasi *Acrylic Acid*

Pada proses ini *acrylic acid* direaksikan dengan metanol dan menggunakan katalis *sulphuric acid* membentuk *methyl acrylate*. Reaksi esterifikasi *acrylic acid* dan metanol berlangsung pada suhu 50-100⁰C dan tekanan atmosferis. Perbandingan mol *acrylic acid* dan metanol yang digunakan adalah 1:1. Reaksi tersebut berlangsung pada reaktor alir tangki berpengaduk. Proses esterifikasi *acrylic acid* ini banyak disukai karena dari segi proses dan kondisinya lebih menguntungkan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Tabel 1.3. Perbandingan Proses Produksi

Proses	Konversi Reaksi	Tahapan reaksi	Bahan Baku	Kondisi Operasi	Produk Samping
Proses Asetilen	Konversi reaksi sebesar 92%	Reaksi berlangsung 1 tahap	Bahan baku gas alam terbatas. Menggunakan katalis nikel karbonil yang beracun dan korosif	Berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 220-270 °C	Produk samping berupa NiCl ₂ dan H ₂
Oksidasi Propilen	Konversi reaksi sebesar 58%	Reaksi berlangsung 2 tahap	Bahan baku dan katalis susah diperoleh	Berlangsung pada suhu tinggi yaitu 400-500 ⁰ C	Produk samping berupa H ₂ O sehingga aman
Esterifikasi Asam Akrilat	Konversi reaksi sebesar 98%	Reaksi berlangsung 1 tahap	Bahan baku relatif mudah didapat Katalis yang digunakan murah Membutuhkan katalis asam yang bersifat korosif	Berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 50-100 °C	Produk samping berupa H ₂ O sehingga aman

Dari beberapa proses yang telah dijelaskan di atas perlu dipertimbangkan kelayakan pemakaian suatu proses dalam perancangan agar pabrik yang dirancang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Kriteria yang harus diperhatikan dalam pemilihan suatu proses antara lain yaitu, proses sederhana, peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah didapat, kondisi operasi (suhu dan tekanan) yang tidak terlalu tinggi, serta bahan baku yang digunakan murah dan mudah didapat. Setelah mengetahui kelebihan dan kekurangan pada masing-masing proses dan melakukan beberapa pertimbangan, maka dipilih proses esterifikasi *acrylic acid* untuk memproduksi *methyl acrylate*.

1.4.2 Kegunaan Produk

Methyl acrylate merupakan bahan baku untuk produksi polimer (poliakrilat). Polimer ini digunakan sebagai bahan perekat, binder untuk industri kulit, kertas, dan untuk komponen kopolimer dan *acrylic fiber*. Selain itu, polimer ini juga digunakan oleh berbagai pabrik cat (*coating*) yaitu PT. ICI Indonesia, Jakarta dan berbagai industri tekstil seperti PT. Acryl Textile Mills, Jakarta.

Berikut adalah penjelasan tentang kegunaan produk *methyl acrylate* yang telah banyak digunakan dalam berbagai macam industri:

1. Sebagai bahan baku pembuatan polimer emulsi dan larutan polimer. Polimer emulsi banyak digunakan sebagai bahan pelapis pada proses akhir pada industri kayu, furniture dengan bahan baku besi, kontainer,

kaleng serta kawat; bahan perekat dan bahan pengikat pada industri kulit, tekstil, dan kertas; bahan baku untuk pembuatan cat dan pengkilap lantai serta serat dan plastik sintesis.

2. Digunakan sebagai amfoter surfaktan. Proses pembuatannya yaitu amina lemak dasar (lauril amina) direaksikan dengan *methyl acrylate* untuk menghasilkan ester N-lemak amino propionik.
3. Digunakan sebagai substrat untuk menghasilkan sistein dan vanilin yang kemudian diproses lebih lanjut untuk industri pangan sebagai bahan tambahan makanan. Sistein dan vanilin dalam industri pangan terutama digunakan pada reaksi *flavour* (*savoury flavour*), selain itu digunakan sebagai antioksidan, kondisioner alami adonan roti. Di Amerika, sistein dalam bentuk n-acetyl sistein digunakan pada produk *dietary supplement*.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Methyl Acrylate

Rumus molekul	: $\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$
Berat molekul	: 86,09 g/mol
Kenampakan	: Cairan tak berwarna (pada 1 atm, 30 ⁰ C)
Titik didih	: 80,5 ⁰ C (760 mmHg)
Titik leleh	: -76,5 ⁰ C (760 mmHg)
Suhu kritis	: 263 ⁰ C
Spesifik gravity	: 0,9561
Tekanan kritis	: 39,52 atm
Tekanan uap	: 65 mmHg (20 ⁰ C)
Densitas	: 0,9561 g/ml (25 ⁰ C)
Viskositas	: 0,49 cp (20 ⁰ C)
Kemurnian	: 99,5% (0,45% air dan 0,05% metanol)
Kelarutan	: larut dalam alkohol, eter, dan sedikit larut dalam air

(Sumber: *Methyl Acrylate* MSDS)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

1) Asam Akrilat

Rumus molekul	: CH_2CHCOOH
---------------	------------------------------

Berat molekul	: 72,06 g/mol
Kenampakan	: Cairan tak berwarna (pada 1 atm, 30 ⁰ C)
Titik didih	: 141 ⁰ C
Titik leleh	: 14 ⁰ C
Suhu kritis	: 342 ⁰ C
Spesifik gravity	: 1,05
Tekanan kritis	: 56 atm
Tekanan uap	: 3 mmHg (20 ⁰ C)
Densitas	: 1,0511 g/ml (20 ⁰ C)
Viskositas	: 1,19 cp (20 ⁰ C)
Kemurnian	: 99% (1% air)
Kelarutan	: larut dalam air, sedikit larut dalam <i>acetone</i> , tidak larut dalam <i>diethyl ether</i> .

(Sumber: *Acrylic Acid* MSDS)

2) Metanol

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Berat molekul	: 32,04 g/mol
Kenampakan	: Cairan tak berwarna (pada 1 atm, 30 ⁰ C)
Titik didih	: 64,5 ⁰ C
Titik leleh	: -97,8 ⁰ C
Suhu kritis	: 240 ⁰ C
Spesifik gravity	: 0,7915

Tekanan kritis	: 78,5 atm
Tekanan uap	: 128 mmHg (20 ⁰ C)
Densitas	: 0,7924 g/cm ³ (20 ⁰ C)
Viskositas	: 0,55 cp (20 ⁰ C)
Kemurnian	: 99,9% (0,1% air)
Kelarutan	: mudah larut dalam air.

(Sumber: *Methyl Alcohol* MSDS)

2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu

Asam Sulfat

Rumus molekul	: H ₂ SO ₄
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Kenampakan	: Cairan kental tak berwarna (1 atm, 30 ⁰ C)
Titik didih	: 270 ⁰ C (760 mmHg)
Titik leleh	: -35 ⁰ C
Suhu kritis	: 650,89 ⁰ C
Spesifik gravity	: 1,84
Tekanan kritis	: 63,16 atm
Densitas	: 1,84 g/cm ³
Viskositas	: 3,9 cp (25 ⁰ C)
Kemurnian	: 93% (3% air)
Kelarutan	: larut dalam air.

(Sumber: *Sulfuric Acid* MSDS)

2.4 Pengendalian Kualitas

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku dapat menentukan kualitas produk yang akan dihasilkan. Oleh karena itu pemilihan bahan baku dengan kualitas yang baik harus dilakukan. Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap bahan baku yang diperoleh dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Adapun parameter yang akan diukur untuk menganalisa bahan baku adalah sebagai berikut:

- a) Kemurnian dari bahan baku asam akrilat dan metanol
- b) Kandungan yang ada di dalam asam akrilat dan metanol
- c) Kadar air
- d) Kadar zat pengotor

b. Pengendalian Kualitas Produk

Saat perencanaan produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Dalam hal ini penyesuaian dan koreksi dilaksanakan dengan segera sebelum terjadi kerusakan yang semakin banyak. Selain itu pengawasan terhadap tingkat kualitas dari hasil atau produk yang dihasilkan untuk memperoleh mutu standar juga harus dilakukan. Kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standart dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Produk yang telah dihasilkan harus dianalisa kualitasnya sebelum produk tersebut dipasarkan.

c. Pengendalian Proses Produksi

Selain bahan baku dan produk, proses produksi juga harus dilakukan pengendalian karena proses produksi yang berjalan sesuai prosedur dan dikendalikan sesuai standart yang dipakai dapat menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan sistem kontrol.

1. Alat Sistem Control

- 1) *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control, temperature control, pressure control, flow control*.
- 2) Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses, alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

2. Aliran Sistem Control

- 1) Aliran pneumatis (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- 2) Aliran elektrik (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- 3) Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

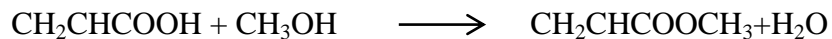
3.1 Uraian Proses

3.1.1 Dasar Reaksi

Proses pembuatan *Methyl Acrylate* ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) ini berlangsung didalam reactor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm dengan bantuan katalis asam sulfat (H_2SO_4).

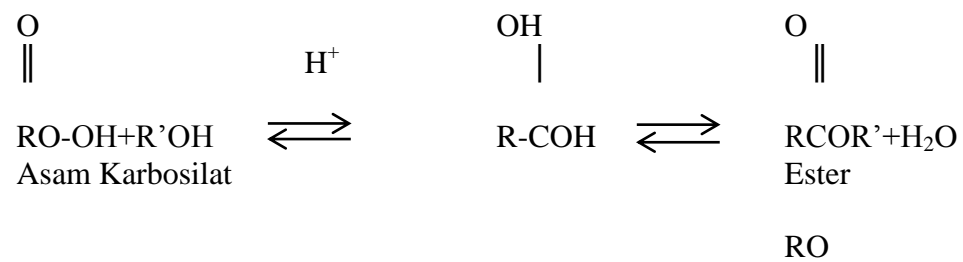
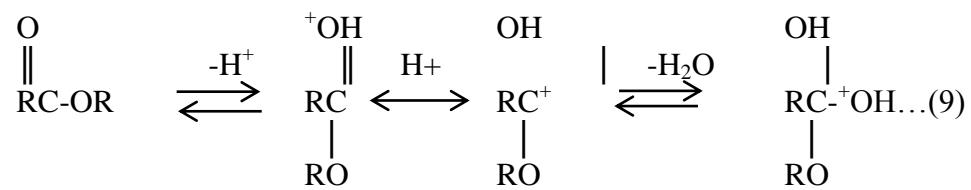
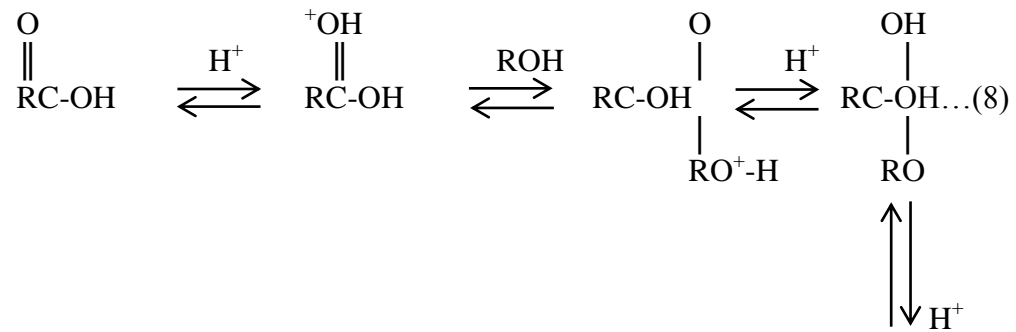
Reaksi antara asam akrilat ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) dengan methanol (H_2SO_4) adalah suatu reaksi substitusi gugus radikal organic dengan ion hydrogen berasal dari asam. Dengan putusya ikatan karbonil oksigen atau ikatan alkil oksigen, maka terbentuklah air.

Reaksi :



3.1.2 Mekanisme Reaksi

Proses pembuatan *Methyl Acrylate* dengan proses esterifikasi dilakukan dalam reactor alir tangki berpengaduk. Di dalam reactor terjadi reaksi esterifikasi suatu asam karboksilat berlangsung melalui proses protonasi dan deprotonasi. Oksigen karbonil diprotonasi, alkohol nukleofilik menyerang karbon positif, dan eliminasi air akan menghasilkan ester yang dimaksud



(Fessenden & Fessenden, 1986)

3.1.3 Sifat Reaksi

a. Tinjauan Kinetika

Reaksi antara *acrylic acid* dengan *methanol* termasuk reaksi orde dua.

Reaksi : *Acrylic acid* + *methanol* \longrightarrow *Methyl acrylate* + Air

Persamaan kecepatan reaksi :

$$-r_a = k \cdot C_A \cdot C_B \dots \dots \dots (1)$$

$$-r_a = C_{A0} \frac{dx_A}{dt} = r C_{A0}^2 (1 - x_A)(M - x_A) \dots \dots \dots (2)$$

Jika :

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}} \dots \dots \dots (3)$$

$$-r_a = k \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - x_A)(M - x_A) \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

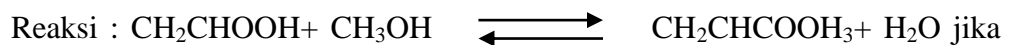
C_{A0} = Konsentrasi *Acrylic acid* mula-mula, kmol/L

C_{B0} = Konsentrasi *Methanol* mula-mula, kmol/L

X_A = Konversi dari *Acrylic acid*

(Levenspiel- *chemical reaction engineering*, 3rd edition)

b. Tinjauan Termodinamika



ditinjau dari segi termodinamika, harga ΔG^0_f masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 3.1. sebagai berikut:

Tabel 3.1 Harga ΔG^0_f Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔG^0_f (Kj/kmol)
Acrylic acid (AA)	-323,5
Methanol (M)	-162,51
Methyl acrylate (MA)	-257,32
Air	-228,6

(Yaws,1999)

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G^0_{r298K} &= \Delta H^0f \text{ produk} - \Delta H^0f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^0f \text{ MA} + \Delta H^0f \text{ air}) - (\Delta H^0f \text{ AA} + \Delta H^0f \text{ M}) \\
 &= (-257,32 + (-241,814)) - (-323,5 + -200,94) \\
 &= -37,350 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \times \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]$$

(Smith VanNess, 1987)

Dengan : K_0 = konstanta kesetimbangan pada suhu 298 K
 K = konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu
 T = temperatur tertentu
 ΔH_{298} = panas reaksi standar pada 298 K

Sedangkan harga ΔH^0f masing – masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Harga ΔH^0f Masing-Masing Komponen

Komponen	harga $\Delta G^0 f$ (kJ/mol)
Asam akrilat (AA)	-355,91
Methanol (M)	-200,94
<i>Methyl Acrylate</i> (MA)	-333
Air	-241,814

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G^0_{r298K} &= \Delta H^0f \text{ produk} - \Delta H^0f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^0f \text{ MA} + \Delta H^0f \text{ air}) - (\Delta H^0f \text{ AA} + \Delta H^0f \text{ M}) \\
 &= (-333 + (-241,814)) - (-355,91 + -200,94)
 \end{aligned}$$

$$= -17,964 \text{ kJ/mol}$$

Pada suhu 55°C (328 K) besarnya konstanta keseimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ln \frac{K}{3,524 \times 10^6} = \frac{50,374}{8,314} \times \left[\frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right] \dots\dots\dots(5)$$

$$K : 1,139 \times 10^6$$

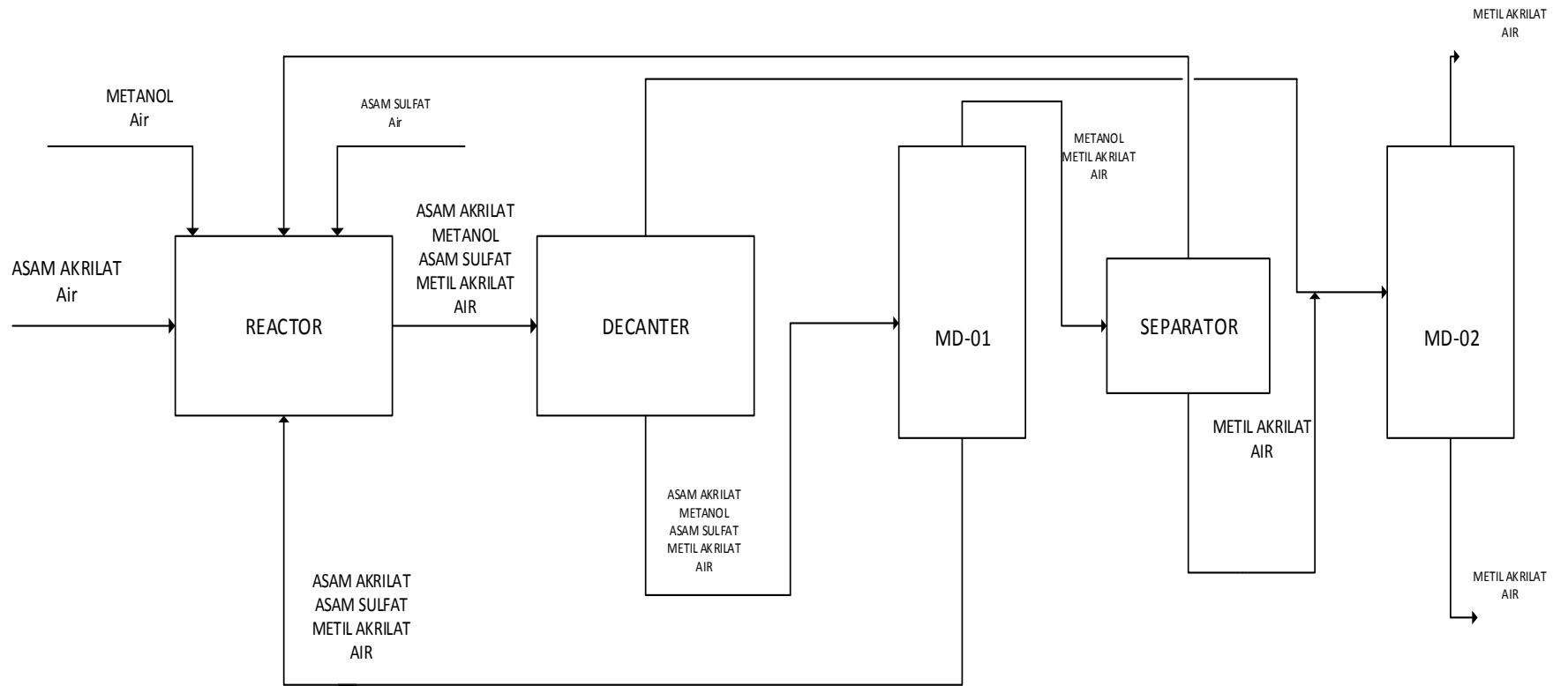
Karena harga $K = k_1/k_2$ besar, berarti harga k_2 jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan harga k_1 sehingga k_2 diabaikan terhadap k_1 dan reaksi dianggap berjalan satu arah (*Irreversible*).

3.2 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses

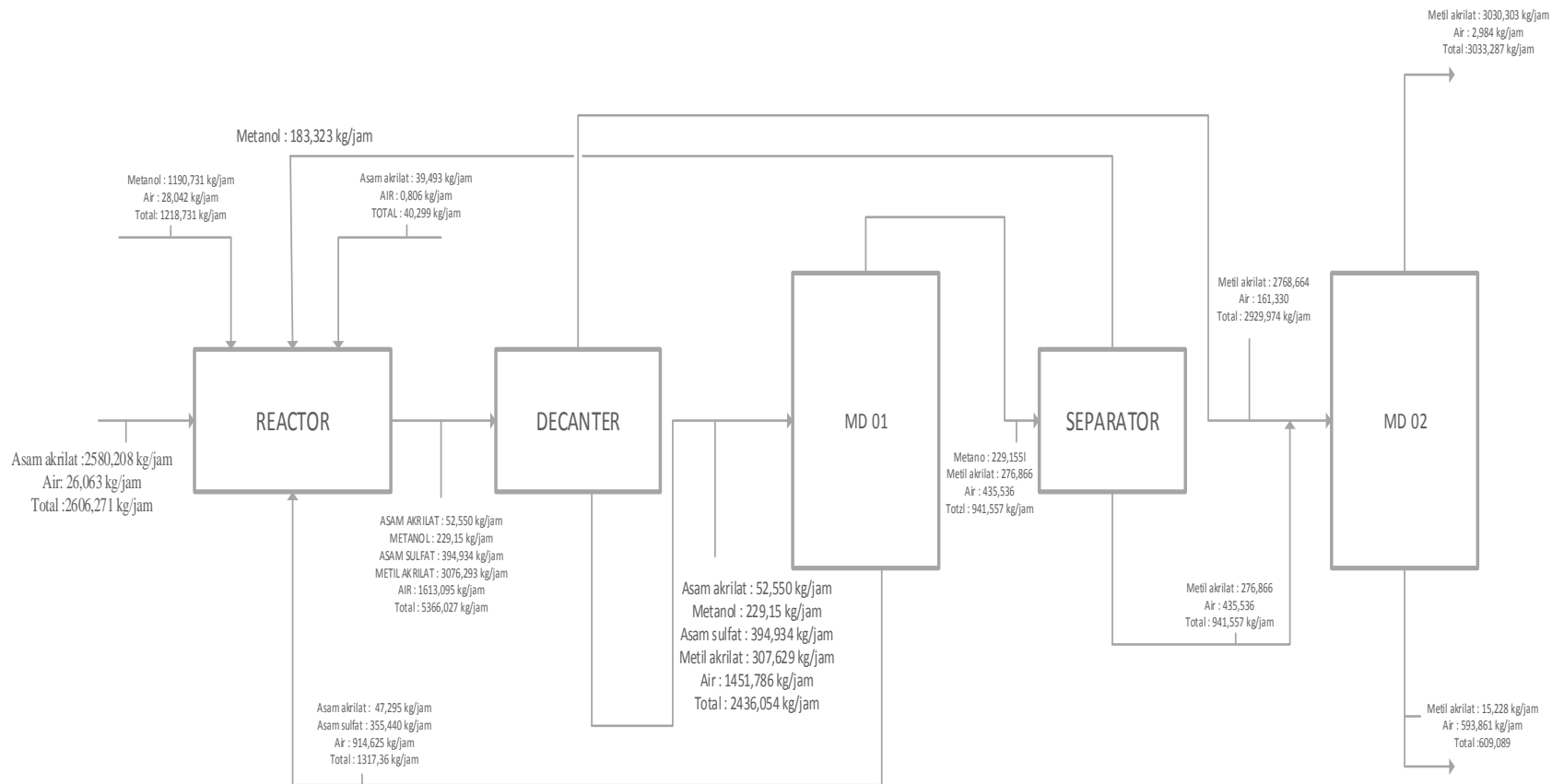
3.2.1 Diagram Alir Proses

Diagram alir perancangan pabrik *Methyl Acrylate* dari metanol dan asam akrilat dapat ditunjukkan dalam dua macam, yaitu :

- a. Diagram alir proses
- b. Diagram alir kualitatif
- c. Diagram alir kuantitatif



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses



Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif

3.2.2 Tahapan Proses

Secara umum proses pembuatan *Methyl Acrylate* dari *Acrylic Acid* dan *Methanol* dapat dibagi menjadi tiga :

1. Unit Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa asam akrilat (CH_2CHCOOH) dari tangki penyimpanan asam akrilat, methanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan methanol pada kondisi suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ dan 1 atm serta asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalisator dari tangki penyimpanan asam sulfat pada suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm dipompa menuju reaktor (R) yang beroperasi pada suhu $55\text{ }^\circ\text{C}$ dan 1 atm

2. Unit Reaksi

Reaksi pembentukan *Methyl Acrylate* (CH_2CHCOOH) dilakukan didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi secara isothermal pada $55\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Perbandingan mol bahan baku asam akrilat (CH_2CHCOOH) dan methanol (CH_3OH) adalah 1:1. Sebagai katalisator digunakan asam sulfat 98%. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga kondisi isothermal perlu dilakukan pengembalian panas. Panas diambil dari dalam reaktor melalui jaket pendingin.

3. Unit Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh produk *methyl acrylate* ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) hingga mencapai kemurnian 99,5%. Hasil reaksi dari reaktor dialirkan menuju decanter yang beroperasi pada suhu $55\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan

1 atm untuk memisahkan fase atas (ringan) dan fase bawah (berat). Fraksi bawah decanter yang berupa air, asam sulfat, asam akrilat, methanol, dan methyl acrylate diumpungkan ke menara distilasi pertama untuk merecycle asam sulfat.

Methyl acrylate dan air yang berasal dari fraksi air atas decanter, dialirkan ke menara distilasi kedua untuk mendapatkan kemurnian 99,5%. Hasil atas menara distilasi kedua berupa produk methyl acrylate 99,5% yang selanjutnya didinginkan menggunakan HE-02 sampai suhu 45°C kemudian disimpan pada tangki penyimpanan pada suhu 30°C sedangkan hasil bawahnya, didinginkan menggunakan HE-03 sampai suhu 40°C yang selanjutnya dibuang ke unit pengolahan limbah.

3.2.3 Neraca Massa dan Neraca Panas

Produk	: Methyl Acrylate 99,5%
Kapasitas Perancangan	: 24.000 ton/tahun
Waktu operasi selama 1 tahun	: 330 hari
Waktu operasi selama 1 hari	: 24 jam

3.2.4 Neraca Massa

Diagram alir neraca massa sistem tabel

Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Satuan neraca massa	: kg/jam

Tabel 3.3. Neraca Massa Reaktor 1

KOMPONEN	Masuk				keluar	
	Umpan		recycle			
	Kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	2580,21	35,806	47,295	0,656	52,55	0,729
H ₂ O dalam as. Akrilat	26,063	1,4471				
CH ₃ OH	1190,73	37,164	183,32398	5,7217	229,155	7,152
H ₂ O dalam metanol	28,042	1,557				
H ₂ SO ₄	39,493	0,403	355,44	3,624	394,934	4,027
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,806	0,045				
CH ₂ CHCOOCH ₃					3076,293	35,733
H ₂ O			914,625	50,784	1613,095	89,567
total	3865,34	76,4221	1500,684	60,7857	5366,027	137,208
kmol/jam	137,208				137,208	
kg/jam	5366,027				5366,027	

Tabel 3.4 Neraca Massa Decanter

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 4		Arus 5 (heavy stream)		Arus 6 (light stream)	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	52,550	0,729			52,550	0,729
H ₂ O dalam as. Akrilat	0,000	0,000			0,000	0,000
CH ₃ OH	229,155	7,152			229,155	7,152
H ₂ O dalam metanol	0,000	0,000			0,000	0,000
H ₂ SO ₄	394,934	4,027			394,934	4,027
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000			0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	3076,293	35,733	2768,664	32,160	307,629	3,573
H ₂ O	1613,095	89,567	161,310	8,957	1451,786	80,610
Total	5366,027	137,208	2929,974	41,117	2436,054	96,091
kmol/jam	137,208		137,208			
kg/jam	5366,027		5366,027			

Tabel 3.5 Neraca Massa Menara Distilasi 01

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 6		Arus 7		Arus 8	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	52,550	0,729	52,550	0,729		
H ₂ O dalam as. Akrilat	0,000	0,000	0,000	0,000		

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 6		Arus 7		Arus 8	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH3OH	229,155	7,152			229,155	7,152
H2O dalam metanol	0,000	0,000			0,000	0,000
H2SO4	394,934	4,027	394,934	4,027		
H2O dalam H2SO4	0,000	0,000	0,000	0,000		
CH2CHCOOCH3	307,629	3,573	30,7629	0,3573	276,866	3,216
H2O	1451,786	80,610	1016,250	56,427	435,536	24,183
Total	2436,054	96,091	1494,497	61,540	941,557	34,551
kmol/jam	96,091		96,091			
kg/jam	2436,054		2436,054			

Tabel 3.6 Neraca Massa Pada Menara Distilasi 02

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 5 + Arus 9		Arus 11		Arus 12	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH2CHCOOCH3	3045,530	35,376	15,228	0,177	3030,303	35,199
H2O	596,845	33,140	593,861	32,974	2,984	0,166
Total	3642,376	68,516	609,089	33,151	3033,287	35,365
kmol/jam	68,516		68,516			
kg/jam	3642,376		3642,376			

Tabel 3.7. Neraca Massa Pada Separator

KOMPONEN	Masuk		keluar			
	Arus 8		arus 9		arus 10	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₃ OH	229,155	7,152			229,155	7,152
H ₂ O dalam metanol	0,000	0,000			0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	276,866	3,216	276,866	3,216		
H ₂ O	435,536	24,183	435,536	24,183		
Total	941,557	34,551	712,402	27,399	229,155	7,152
kmol/jam	34,551		34,551			
kg/jam	941,557		941,557			

3.2.5 Neraca Panas

Tabel 3.8 Neraca Panas Pada Reactor

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
Panas umpan masuk	48.033,067	Panas produk keluar	329.618,389
Panas reaksi	875.581,228	Pendingin yang dibutuhkan	593.995,906
Total	923.614,295	Total	923.614,295

Tabel 3.9 Neraca Panas Pada Decanter

Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)	
Panas umpan masuk	329618,3888	Panas produk keluar atas	87691,168
		Panas produk keluar bawah	241927,221
Total	329618,389	Total	329618,389

Tabel 3.10 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 01

masuk (Kj/jam)		Keluar (Kj/jam)	
Panas dalam umpan	560,476	Beban panas kondensor	501.789,008
Beban panas reboiler	752.391,003	Panas dalam distilat	250.775,3
		Panas dalam bottom	387,168
Total	752.951,478	Total	752.951,478

Tabel 3.11 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 02

masuk		Keluar	
Panas dalam umpan	537,591	Beban panas kondensor	2.497,264
Beban panas reboiler	2.586,686	Panas dalam distilat	438,609
		Panas dalam bottom	188,403
Total	3.124,277	Total	3.124,277

Tabel 3.12 Neraca Panas Pada Separator

Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)	
Panas umpan masuk	50,520	Panas produk keluar atas	17,597
		Panas produk keluar bawah	32,923
Total	50,520	Total	50,520

3.3 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.3.1 Reaktor

Kode : R-01

Tugas : Mereaksikan methanol sebanyak 1374,0550 kg/jam dan asam akrilat sebanyak 2627,5031 kg/jam dengan menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 394,9336 kg/jam

Bahan Konstruksi : Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Tipe : CSTR

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

P : 1 atm

T : 55⁰C

Dimensi shell :

Diameter tangki : 72 in (1,8288 m)

Tinggi Tangki : 143,25 in (3,6386 m)

Tebal Shell : 0,1875 in

Dimensi head :

Bentuk : torishperical dished head

Tebal head : 0,25 in

Tinggi total : 98,19 in (2,49 m)

Luas muka reactor : 27,7013 m²

Pengaduk :

Tipe : marine propeller with 3 blades and pitch 2Di

Jumlah : 1 buah

Diameter : 23,8750 in (0,6064 m)

Kecepatan : 174,82 menit

Power : 2,4519 hp

Tinggi cairan : 93,1125 in (2,3651 m)

Jarak pengaduk dari dasar tangki : 31,0375 in (0,778 m)

Jaket pendingin

Tinggi jaket	: 2,43 m
Jarak antara tangki dan jaket	: 2,5 in
Diameter tangki	: 1,953 m
Tebal jacket	: 0,25 in
Beban panas pendingin	: 875581 btu/jam
Tinggi cairan	: 98,19 in (2,49 m)
Suhu masuk	: 30 °C
Suhu keluar	: 45 °C

3.3.2 Decanter

Kode	: DC
Fungsi	: memisahkan campuran berdasarkan kelarutan
Jenis	: Continuous gravity decanter
Bentuk	: silinder horizontal;
Bahan	: stainless steel AISI 316

Kondisi operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 55 °C
Waktu tinggal	: 2 menit
Tebal shell	: 0,1875 in
Tebal head	: 0,1875 in
Tinggi head	: 7,165 in (0,182) m
Diameter decanter	: 0,7 m

Panjang decanter : 1,4 m
Tinggi keluaran atas : 0,67 m
Tinggi keluaran bawah : 0,5 m

Pipa pemasukan

Do_{pt} masuk : 35,1130 in (1,37 mm)
Schedule number : 40
Inside diameter : 1,6190 in
Outside diameter : 1,90 in

Pipa pengeluaran

Do_{pt} top prod : 25,976 mm (1,02 mm)
Schedule number : 40
Inside diameter : 1,38 in
Outside diameter : 1,06 in
Do_{pt} bottom prod: 22,717 in (0,887 mm)
Schedule number : 40
Inside diameter : 1,049 in
Outside diameter : 1,32 in

3.3.3 Menara Distilasi 01

Fungsi : Me *recycle* asam sulfat sebanyak 394,934 yang akan dikembalikan ke reactor pertama

Jenis : *Sieve Plate*

Bahan : *stainless steel SA285*

Jumlah	: 1 buah
Tekanan operasi	: 1 atm
Suhu top	: 94,28 °C
Suhu bottom	: 102,37 °C
Tinggi menara	: 10,60 m
Diameter	: 0,87 m
Tebal shell	: 4,7625 mm
Jenis head	: torishperical dished head
Tebal head	: 4,7625 mm
Tebal isolator	: 0,01739 m
Pipa umpan	: 2 in IPS
Pipa hasil atas menuju condenser plate 1	: 16 in (IPS)
Pipa refluks distilat	: 1 in (IPS)
Pipa pengeluaran bottom	: ½ in (IPS)
Pipa refluks bottom	: 0,75 in (IPS)

3.3.4 Menara distilasi 02

Fungsi	: Memisahkan produk <i>Methyl Acrylate</i> dan air dengan top product larutan <i>Methyl Acrylate</i> 99,5%
Jenis	: <i>Sieve Plate</i>
Bahan	: <i>stainless steel SA285</i>
Jumlah	: 1 buah
Tekanan operasi	: 1 atm

Suhu top	: 80,99 °C
Suhu bottom	: 100,04 °C
Tinggi menara	: 17 m
Diameter	: 1,37 m
Tebal shell	: 4,7625 mm
Jenis head	: torishperical dished head
Tebal head	: 4,7625 mm
Tebal isolator	: 0,02 m
Pipa umpan	: 2 in IPS
Pipa hasil atas menuju condenser plate 1	: 16 in (IPS)
Pipa refluks distilat	: 1 in (IPS)
Pipa pengeluaran bottom	: 1,25 in (IPS)
Pipa refluks bottom	: 12 in (IPS)

3.3.5 Separator

Tugas	: memisahkan campuran uap cair bahan keluar kondenser
Jenis	: silinder horizontal
Diameter vessel	: 0,4572 m
Waktu tinggal	: 5 menit
Panjang tangki	: 1,3287 m
Tebal shell	:
Inside diameter	: 18 in (45,72 cm)
Outside diameter	: 18,5 in (46,990 cm)

Panjang : 52,3 in (133 cm)

Standart : 0,25 in

Tebal head : 0,1875 in

Dimensi total separator :

Inside diameter : 18 in (45,72 cm)

Outside diameter : 18,5 in (46,990 cm)

Panjang : 1,33 m

3.3.6 Condensor 01 (C-01)

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 574,2985 kj/jam

Luas Penampang pipa : 0,640 (digunakan double pipe)

Panjang pipa : 12 ft²

Hot fluid :

Suhu masuk : 94,30 °C

Suhu keluar : 86,73 °C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30 °C

Suhu keluar : 45 °C

Fluida panas (annulus) :

IPS : 4 in

OD : 4,5 in

ID : 4,025 in

Pressure drop : 0,067 psi

Fluida dingin (inner pipe)

IPS : 3 in

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Surface : 0,917

Pressure drop : 0,004

3.3.7 Condensor 02 (C-02)

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 5577665,3162 kj/jam

Luas Penampang pipa : 203 (digunakan double pipe)

Panjang pipa : 12 ft²

Hot fluid :

Suhu masuk : 76⁰C

Suhu keluar : 55⁰C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30⁰C

Suhu keluar : 45⁰C

Fluida panas (annulus) :

IPS : 4 in

OD : 4,5 in

ID : 4,025 in

Pressure drop : 0,098 psi

Fluida dingin (inner pipe)

IPS : 3 in

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Pressure drop : 3,4 psi

Surface : 0,917

3.3.8 Condenser 03 (C-03)

Panjang pipa : 12 ft²

Suhu LMTD : 50,2065 °F

Hot fluid :

Suhu masuk : 80,9902 °C

Suhu keluar : 80,9099 °C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30 °C

Suhu keluar : 45 °C

Ud : 75 Btu/ft².h.F

Clean overall coefficient : 10,975 Btu/ft².°F

Surcafe actual : 655,5869 ft²

Dirt factor : 0,003

Fluida panas (annulus) :

IPS : 4 in

OD : 4,5 in
 ID : 4,025 in
 Pressure drop : 0,098 psi

Fluida dingin (inner pipe)

IPS : 3 in
 OD : 3,5 in
 ID : 3,068 in
 Pressure drop : 3,4 psi
 Surface : 0,917

3.3.9 Reboiler 01

Fungsi : menguapkan sebagian liquid hasil bawah md 01
 Jumlah : 1 buah
 Beban panas : 2020 kj/jam
 Fluida : medium organic
 Luas transfer panas : 0,145 ft² (double pipe)

Hot fluid

Suhu masuk : 180 C
 Suhu keluar : 180 C

Cold fluid

Suhu masuk : 95 C
 Suhu keluar : 102 C

Fluida panas (annulus)

D1 : 1,66 in

D2 : 2,067 in

Pressure drop : 0,0512 psi

3.3.10 Reboiler 02

Fungsi : menguapkan sebagian liquid hasil bawah md 02

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 2.586,686 kj/jam

Fluida : light organic

Luas transfer panas : 0,133 ft² (double pipe)

Hot fluid

Suhu masuk : 180 C

Suhu keluar : 180 C

Cold fluid

Suhu masuk : 95 C

Suhu keluar : 102 C

Fluida panas (annulus)

D1 : 2,38 in

D2 : 2,469 in

Pressure drop : 0,00105 psi

3.3.11 Accumulator

Kode alat : ACC 01

Fungsi : Sebagai penampung arus keluaran condenser pada menara distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar

Tipe : tangki silinder horizontal

Volume : 36,157 gall

Material : stainless steel SA 316

Diameter : 11,96 in

Panjang : 17,93 in

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal head : 0,1875 in

Tinggi head : 4 in

Panjang tangki total : 26,316 in

3.3.12 Accumulator

Kode alat : ACC 02

Fungsi : Sebagai penampung arus keluaran condenser pada menara distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar

Tipe : tangki silinder horizontal

Volume : 114,31 gall

Material : stainless steel SA 316

Diameter : 17,4475 in
Panjang : 104,68 in
Tebal shell : 0,1875 in
Tebal head : 0,1875 in
Tinggi head : 5,1 in
Panjang tangki total : 114,92 in

3.3.13 Tangki Penyimpanan

1. Tangki penyimpanan asam akrilat

Tugas : menyimpan asam akrilat sebanyak 2580,208 kg/jam
selama 7 hari

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Jenis : Torishperical

Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316

Volume tangki : 14903,38577 ft³

Kapasitas : 506,4194 m³

Dimensi tangki :

Diameter : 12,2 m

Tinggi : 5,49 m
 Tebal head : 0,3125 in
 Tinggi : 2,157 m
 Jumlah course : 3

2. Tangki penyimpanan methanol

Tugas : menyimpan methanol sebanyak 1374,055 kg/jam
 selama 14 hari
 Kondisi operasi :
 Tekanan : 1 atm
 Suhu : 30 °C
 Jenis : Torishperical
 Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316
 Volume tangki : 17997,152 ft³
 Kapasitas : 611,5461 m³
 Dimensi tangki :
 Diameter : 13,7250 m
 Tinggi : 5,49 m
 Tebal shell : 0,3125 in
 Tinggi head : 1,138 in
 Tebal head : 0,75 in

Jumlah course : 3

3. Tangki penyimpanan asam sulfat

Tugas : menyimpan asam sulfat sebanyak 394,934 kg/jam
selama 7 hari

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Jenis : Torishperical

Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316

Volume tangki : 1284,833 ft³

Kapasitas : 43,6588 m³

Dimensi tangki :

Diameter : 6,1 m

Tinggi : 3,05 m

Tebal shell : 0,25 in

Tinggi head : 0,5624 m

Tebal head : 0,4375 in

Jumlah course : 2

4. Tangki penyimpanan *Methyl Acrylate* 01

Tugas : menyimpan *Methyl Acrylate* sebanyak 1515,152 kg/jam selama 7 hari

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Jenis : Torishperical

Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316

Volume tangki : 9540,899 ft³

Kapasitas : 324,2013 m³

Dimensi tangki :

Diameter : 10,67 m

Tinggi : 5,49 m

Tebal shell : 0,25 in

Tinggi head : 0,6436 m

Tebal head : 0,3125 in

Jumlah course : 3

5. Tangki penyimpanan *Methyl Acrylate* 02

Tugas : menyimpan *Methyl Acrylate* sebanyak 1515,152kg/jam selama 7 hari

Kondisi operasi :

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Jenis	: Torishperical
Material	: Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316
Volume tangki	: 9540,899 ft ³
Kapasitas	: 324,2013 m ³
Dimensi tangki	:
Diameter	: 10,67 m
Tinggi	: 5,49 m
Tebal shell	: 0,25 in
Tinggi head	: 0,6436 m
Tebal head	: 0,3125 in
Jumlah course	: 3

3.3.14 Heat exchanger

1. Heater 01

Kode alat	: HE-01
Fungsi	: Menaikkan suhu kondisi operasi tangki asam akrilat 30 ⁰ C ke suhu reactor 80 ⁰ C
Tipe	: Double pipe
Jumlah	: 1
Beban panas	: 4960,5823 kj/jam
Kebutuhan steam	: 2,464086 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 246,816 F
 Suhu dingin rata-rata : 108,5 F
 Suhu panas rata-rata : 356 F
 Material : stainless steel SA 316

Luas transfer panas : 0,1905 ft

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,21 ft

Outside diameter : 0,11 ft

Inner pipe :

Inside diameter : 0,09 ft

Clean overall coefficient : 154,17

Rd terhitung : 0,0035

Pressure drop annulus : 0,00000022 psi

Pressure drop inner : 0,30 psi

2. Heater 02

Kode alat : HE-02

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki methanol
 30⁰C ke suhu reactor 80⁰C

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban panas : 52044,09 kj/jam

Kebutuhan steam : 25,852 kg/jam
 $\Delta T_{lmt d}$: 246,816 F
Surface outside : 0,34
Panjang pipa : 12 ft
Suhu dingin rata-rata : 108,5 F
Suhu panas rata-rata : 356 F
Material : stainless steel SA 316
Luas transfer panas : 1,9989 ft
Pipa :
Annulus
Inside diameter : 0,21 ft
Outside diameter : 0,11 ft
Inner pipe :
Inside diameter : 0,09 ft
Clean overall coefficient : 143,24
Ud for light organic : 100 btu/ft².h.F
Rd terhitung : 0,003
Pressure drop annulus : 0,0000119 psi
Pressure drop inner : 0,119 psi

3. Heater 03

Kode alat : HE-03

Fungsi	: Menaikkan suhu kondisi operasi tangki asam sulfat 30 ⁰ C ke suhu reactor 80 ⁰ C
Tipe	: Double pipe
Jumlah	: 1
Beban panas	: 119833,1548 kj/jam
Kebutuhan steam	: 59,52 kg/jam
ΔT_{lmtd}	: 246,816 F
Surface outside	: 0,44
Panjang pipa	: 12 ft
Suhu dingin rata-rata	: 108,5 F
Suhu panas rata-rata	: 356 F
Material	: stainless steel SA 316
Luas transfer panas	: 20,9 ft
Pipa :	
Annulus	
Inside diameter	: 0,21 ft
Outside diameter	: 0,14 ft
Inner pipe	:
Inside diameter	: 0,12 ft
Clean overall coefficient	: 23,42 btu/jam. Ft ² . ⁰ F
Ud for heavy organic	: 6 btu/ft ² .h.F
Rd terhitung	: 0,0027

Pressure drop annulus : 0,000069 psi

Pressure drop inner : 0,006 psi

4. Heater 04

Kode alat : HE-04

Fungsi : Menaikkan suhu 55 °C dari decanter menuju MD 01
dengan suhu 95,5°C

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban panas : 332420,15 kj/jam

Kebutuhan steam : 165,1241 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 186,177 F

Surface outside : 0,44

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 108,5 F

Suhu panas rata-rata : 356 F

Material : stainless steel SA 316

Luas transfer panas : 16,92 ft

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,21 ft

Outside diameter : 0,14 ft

Inner pipe	:	
Inside diameter	:	0,12 ft
Clean overall coefficient	:	173,96 btu/jam. Ft ² . ⁰ F
Ud for heavy organic	:	100 btu/ft ² .h.F
Rd terhitung	:	0,004
Pressure drop annulus	:	0,00048 psi
Pressure drop inner	:	0,1444 psi

5. Heater 05

Kode alat	:	HE-05
Fungsi	:	Menaikkan suhu 32,9 ⁰ C dari separator menuju MD 02 dengan suhu 89 ⁰ C
Tipe	:	Double pipe
Jumlah	:	1
Beban panas	:	325411,2771 kj/jam
Kebutuhan steam	:	161,64 kg/jam
ΔT_{lmtd}	:	210,26 F
Surface outside	:	0,44
Panjang pipa	:	12 ft
Suhu dingin rata-rata	:	141,71 F
Suhu panas rata-rata	:	356 F
Material	:	stainless steel SA 316
Luas transfer panas	:	7,33 ft

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,21 ft

Outside diameter : 0,14 ft

Inner pipe :

Inside diameter : 0,12 ft

Clean overall coefficient : 119,62 btu/jam. Ft².⁰F

Ud for liquid organic : 200 btu/ft².h.F

Rd terhitung : 0,0034

Pressure drop annulus : 0,00048 psi

Pressure drop inner : 0,218 psi

6. Cooler

Kode alat : CL-01

Fungsi : Menurunkan suhu 94,28 ⁰C dari MD menuju separator

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban pendingin : 52114,4368 kj/jam

Kebutuhan pendingin : 830,376 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 85,718 F

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 99,5 F

Suhu panas rata-rata : 185 F

Material : stainless steel SA 316

Luas penampang pipa : $7,684 \text{ ft}^2$

Pipa :

Annulus

Inside diameter : $0,335 \text{ ft}$

Outside diameter : $0,2917 \text{ ft}$

Inner pipe :

Inside diameter : $0,255 \text{ ft}$

Clean overall coefficient : $10,171 \text{ btu/jam. Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

Ud for heavy organic : $75 \text{ btu/ft}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{F}$

Rd terhitung : $0,003$

Surface actual : $8,160$

Pressure drop annulus : $0,000292 \text{ psi}$

Pressure drop inner : $0,0000839 \text{ psi}$

7. Cooler

Kode alat : CL-02

Fungsi : Menurunkan suhu $80,99^\circ\text{C}$ dari MD menuju tangka penyimpanan

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban pendingin : $132823,87 \text{ kj/jam}$

Kebutuhan pendingin : $2116,3773 \text{ kg/jam}$

ΔT_{lmtD}	: 21,16 F
Panjang pipa	: 12 ft
Suhu dingin rata-rata	: 99,5 F
Suhu panas rata-rata	: 133 F
Material	: stainless steel SA 316
Luas penampang pipa	: 125 ft ²
Pipa :	
Annulus	
Inside diameter	: 0,335 ft
Outside diameter	: 0,2917 ft
Inner pipe :	
Inside diameter	: 0,255 ft
Clean overall coefficient	: 15,171 btu/jam. Ft ² . ⁰ F
Ud for heavy organic	: 50 btu/ft ² .h.F
Rd terhitung	: 0,003
Required surface	: 432,42 ft ²
Surface actual	: 432,824
Pressure drop annulus	: 0,0101 psi
Pressure drop inner	: 0,00041 psi

3.3.11 Pompa

1. Pompa 01

Fungsi : Mengalirkan umpan Asam Akrilat dari tangki penyimpanan (T-01) ke Heater (HE-01) sebanyak 2606.27 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-01

Laju alir volumetric : 13,2824 gpm

Inside diameter pompa: 1,610 in

Outside diameter pompa: 1,9 in

Kecepatan linier fluida: 2,0943 ft/s

Flow area per pipe : 0,01416 ft²

Panjang pipa total : 28,44 m

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 27,5595 ft.lbf/lbm

Friction head : 1,3036 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft²

Daya pompa : 0,7112 HP

Daya motor : 0,8888 HP

2. Pompa 02

Fungsi : Mengalirkan umpan Metanol dari tangki penyimpanan (T-01) ke Heater (HE-01) sebanyak 1402.10 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-02

Laju alir volumetric : 9,4130 gpm

Inside diameter pompa: 1,380 in

Outside diameter pompa: 1,66 in

Kecepatan linier fluida: 2,0201 ft/s

Flow area per pipe : 0,01041 ft²

Panjang pipa total : 26,3495 m

Friction head : 1,2634 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft²

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 11,1693 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,41856 HP

Daya motor : 0,5232 HP

3. Pompa 03

Fungsi : Mengalirkan umpan Asam Sulfat dari tangki penyimpanan (T-01) dan Arus Recycle dari MD-01 ke Heater (HE-01) sebanyak 39.493 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-03

Laju alir volumetric : 5,6919 gpm

Inside diameter pompa : 1,049 in

Outside diameter pompa : 1,32 in
 Kecepatan linier fluida : 2,0201 ft/s
 Flow area per pipe : 0,01041 ft²
 Panjang pipa total : 26,3495 m
 Friction head : 1,2634 ft.lbf/lbm
 Pressure head : 0 lbf/ft²
 Potential head : 9,8425 ft
 Velocity head : 11,1693 ft.lbf/lbm
 Daya pompa : 0,41856 HP
 Daya motor : 0,75 HP

4. Pompa 04

Fungsi : Mengalirkan output reaktor ke decanter sebanyak 5366.0272
 kg/jam.
 Jenis : centrifugal pumps
 Kode alat : P-04
 Laju alir volumetric : 1,2271 gpm
 Inside diameter pompa : 2,067 in
 Outside diameter pompa : 2,38 in
 Kecepatan linier fluida : 0,1222 ft/s
 Flow area per pipe : 0,02325 ft²
 Panjang pipa total : 32,5247 m

Friction head	: 0,0033 ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft ²
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0002 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,01096 HP
Daya motor	: 0,0137 HP

5. Pompa 05

Fungsi	:Mengalirkan output bawah dekanter menuju menara distilasi 01 sebanyak 5366.0272 kg/jam.
Jenis	: centrifugal pumps
Kode alat	: P-05
Laju alir volumetric	: 11,7610 gpm
Inside diameter pompa	: 1,610 in
Outside diameter pompa	: 1,90 in
Kecepatan linier fluida	: 0,1222 ft/s
Flow area per pipe	: 0,01416 ft ²
Panjang pipa total	: 28,446 m
Friction head	: 0,8511 ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft ²
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0534 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,34987 HP

Daya motor : 0,4373 HP

6. Pompa 06

Fungsi : Mengalirkan output atas dekanter dan output bawah separator menuju menara distilasi 02 sebanyak 3642.3757 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-06

Laju alir volumetric : 20,8060 gpm

Inside diameter pompa : 2,067 in

Outside diameter pompa : 2,38 in

Kecepatan linier fluida : 1,9903 ft/s

Flow area per pipe : 0,02325 ft²

Panjang pipa total : 32,5247 m

Friction head : 0,8390 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft²

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 0,0616 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,2616 HP

Daya motor : 0,3268 HP

7. Pompa 07

Fungsi : Mengalirkan output atas menara distilasi 01 menuju separator sebanyak 5366.0272 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-07

Laju alir volumetric : 5,7115 gpm

Inside diameter pompa : 1,049 in

Outside diameter pompa : 1,32 in

Kecepatan linier fluida : 2,1213 ft/s

Flow area per pipe : 0,0060 ft²

Panjang pipa total : 20,82 m

Friction head : 1,4103 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft²

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 0,0699 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,23745 HP

Daya motor : 0,2968 HP

8. Pompa 08

Fungsi : Mengalirkan produk *Methyl Acrylate* menuju cooler sebanyak 3033.2871 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-08

Laju alir volumetric	: 18,2840 gpm
Inside diameter pompa	: 2,067 in
Outside diameter pompa	: 2,38 in
Kecepatan linier fluida	: 1,7490 ft/s
Flow area per pipe	: 0,02325 ft ²
Panjang pipa total	: 32,5247 m
Friction head	: 0,6420 ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft ²
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0475 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,2508 HP
Daya motor	: 0,5 HP

9. Pompa 09

Fungsi : Mengalirkan Metanol dari separator (SP-01) menuju Condensor (CD-03) sebanyak 1402.10 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-09

Laju alir volumetric	: 1,6426 gpm
Inside diameter pompa	: 1,380 in
Outside diameter pompa	: 1,66 in
Kecepatan linier fluida	: 0,3525 ft/s
Flow area per pipe	: 0,0104 ft ²

Panjang pipa total	: 26,3495 m
Friction head	: 0,0494ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft ²
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0019 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,0757 HP
Daya motor	: 0,5 HP

3.4 Perencanaan Produksi

Dalam perencanaan pabrik *methyl acrylate* disusun atas dasar dasar Neraca Massa Bahan dan Neraca Energi

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi posisi pabrik dalam persaingan dan kontinuitas produksinya. Lokasi pabrik yang tepat akan memberikan keuntungan bagi pabrik yang bersangkutan maupun lingkungan sekitarnya. Pabrik *Methyl Acrylate* dengan kapasitas 24.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di daerah Cilegon.

Penentuan lokasi pabrik didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang berupa Asam Akrilat diperoleh dari dalam negeri, yaitu dari PT Nippon Shokubai, Cilegon. Sedangkan bahan baku yang lain yaitu Metanol diperoleh dari PT Kaltim Methanol Industri, Kalimantan Timur.

2. Letak Daerah

Pabrik akan didirikan di sebuah Kawasan Industri yang jauh dari kepadatan penduduk sehingga tersedia lahan yang cukup luas dengan infrastruktur yang cukup memadai. Wilayah Cilegon termasuk salah satu kawasan industri yang ditetapkan oleh pemerintah, sehingga permasalahan perijinan pendirian pabrik tidak menjadi masalah.

3. Pemasaran

Lokasi pabrik harus mempertimbangkan tempat produk dipasarkan. Selain untuk keperluan dalam negeri, produk dari pabrik ini juga akan diekspor sehingga diusahakan lokasi yang dekat dengan pelabuhan. Pemasaran produk *Methyl Acrylate* yang akan didirikan ditujukan untuk kebutuhan dalam negeri, diantaranya akan dijual ke berbagai pabrik yang menggunakan *Methyl Acrylate* sebagai bahan baku produksi polimer diantaranya PT. Shin-Estu Polymer Indonesia, Karawang dan PT. WMK (*Polymer & Plastic Chemical*) Indonesia, Bandung dan pabrik-pabrik polimer lain di Indonesia.

4. Sarana Transportasi dan Ketersediaan Air

Tersedianya sarana transportasi di wilayah Cilegon yang dapat memudahkan lalu lintas kegiatan produksi dan kemudahan distribusi dan juga dekat dengan laut sehingga transportasi lebih mudah. Cilegon merupakan daerah yang dekat dengan laut sehingga ketersediaan air sangat melimpah. Air merupakan salah satu aspek yang paling penting untuk jalannya suatu proses produksi, aktifitas kantor, dan sebagainya.

5. Tenaga Kerja

Pabrik sebaiknya didirikan di daerah yang memiliki kesediaan tenaga kerja terampil yang memadai sehingga masalah tenaga kerja tidak akan menimbulkan masalah yang berarti.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses. Selain peralatan yang tercantum dalam *flow sheet* proses, beberapa bangunan fisik seperti kantor, laboratorium, bengkel, tempat ibadah, poliklinik, MCK, kantin, *fire safety*, pos penjagaan dan sebagainya hendaknya ditempatkan sesuai dengan prosedur keamanan dan kenyamanan.

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

1. Perluasan pabrik harus sudah direncanakan sejak awal sehingga masalah kebutuhan akan tempat tidak akan timbul dimasa mendatang.
2. Penentuan tata letak pabrik harus memperhatikan masalah keamanan. apabila terjadi hal-hal seperti kebakaran, ledakan, kebocoran gas atau asap beracun dapat ditanggulangi secara cepat dan tepat. Oleh karena itu ditempatkan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampung air yang cukup, alat penahan ledakan, dan alat sensor untuk gas beracun. Tangki penyimpang bahan baku atau produk yang berbahaya diletakkan pada tempat khusus sehingga dapat dikontrol dengan baik.
3. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *outdoor* untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara *outdoor*.

4. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan/ lahan.
5. Instalasi dan utilitas juga harus diperhatikan, karena pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam, dan listrik, serta utilitas lainnya akan membantu proses produksi dan perawatannya.
6. Pabrik harus memperhatikan aspek sosial dan ikut menjaga kelestarian lingkungan, batas maksimal kandungan komponen berbahaya pada limbah harus diperhatikan dengan baik. Untuk itu penambahan fasilitas pengolahan limbah buangan diperlukan, sehingga buangan limbah tersebut tidak berbahaya bagi komunitas yang ada disekitarnya.

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

1. Areal administrasi atau perkantoran

Areal administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi perusahaan yang mengatur kelancaran operasi dan kegiatan-kegiatan administrasi yang mana, tidak mengganggu kegiatan dan keamanan pabrik, serta harus terletak jauh dari area proses yang berbahaya.

2. Areal fasilitas umum

Merupakan Areal penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja, seperti tempat parkir, tempat ibadah, kantin, dan pos keamanan.

3. Areal proses

Merupakan pusat proses produksi dimana alat-alat proses dan pengendali ditempatkan. Areal proses ini terletak dibagian tengah pabrik yang lokasinya tidak mengganggu. Letak aliran proses direncanakan sedemikian rupa sehingga memudahkan pemindahan bahan baku dari tangki penyimpanan serta memudahkan pengawasan dan pemeliharaan terhadap alat-alat proses. Areal proses ini diletakkan minimal 15 meter dari bangunan-bangunan atau unit-unit lain.

4. Areal laboratorium dan ruang kontrol

Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses, serta produk yang akan dijual. Areal laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk, dan limbah proses. Sedangkan areal ruang kontrol merupakan pusat kontrol berjalannya proses yang diinginkan (kondisi operasi baik, tekanan, temperatur, dan lain-lain yang diinginkan). Laboratorium dan ruang kontrol ini diletakkan dekat areal proses apabila terjadi sesuatu masalah di daerah proses dapat teratasi.

5. Areal pemeliharaan

Areal pemeliharaan merupakan tempat penyimpanan suku cadang alat proses dan untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan atau perawatan semua peralatan yang dipakai dalam proses.

6. Areal utilitas

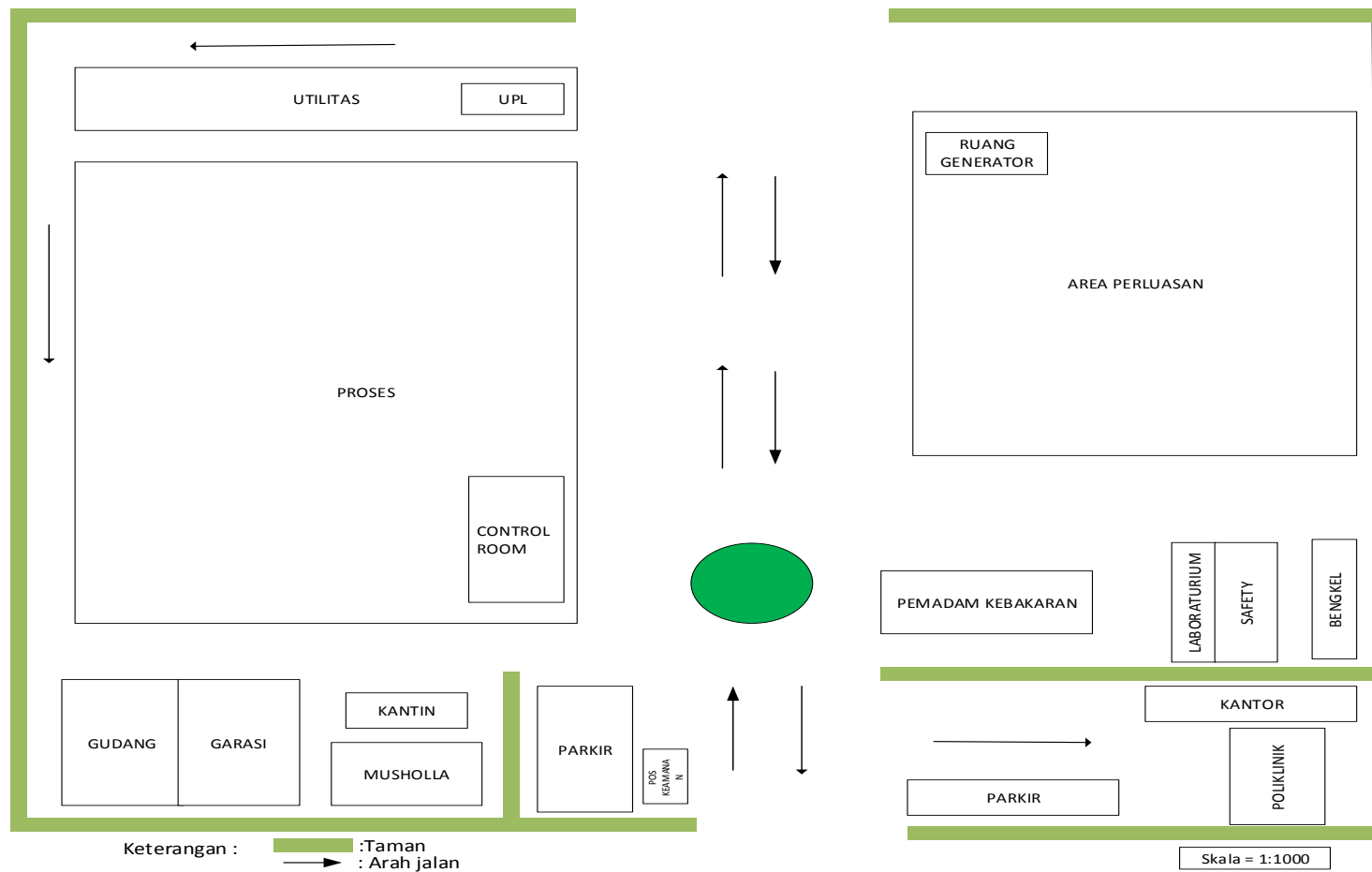
Areal ini merupakan tempat untuk menyediakan keperluan yang menunjang berjalannya proses produksi berupa penyediaan air, steam, listrik. Areal ini ditempatkan dekat dengan daerah proses agar sistem pemipaan lebih ekonomis. Tetapi mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan maka jarak antara area utilitas dan area proses harus diatur sekitar 15 meter.

7. Areal pengolahan limbah

Merupakan areal pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Tabel 4.1. Perician Luas Tanah

No	Lokasi	Luas (m ²)
1	Area proses	2000
2	Area utilitas	1600
3	Bengkel	300
4	Gudang Peralatan	450
5	Kantin	300
6	Kantor Teknik dan Produksi	500
7	Kantor utama	1200
8	Laboratorium	300
9	Parkir utama	800
10	Parkir truk	750
11	Perpustakaan	300
12	Poliklinik	127
13	Pos keamanan	20
14	Control room	300
15	Control utilitas	300
16	Area rumah dinas	1500
17	Area mess	180
18	Masjid	200
19	Unit pemadam kebakaran	300
20	Unit pengolahan limbah	300
21	Taman	300
22	Jalan	8000
23	Daerah perluasan	1000
Total		21027



Gambar 4.1. Lay Out Pabrik Methyl Acrylate

4.3 Tata Letak Alat

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *lay out* peralatan proses pada pabrik *Methyl Acrylate*, antara lain:

1. Aliran bahan baku dan produk

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

2. Aliran udara

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

3. Cahaya

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

4. Lalu lintas manusia

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

5. Lalu lintas alat berat

Hendaknya diperhatikan jarak antar alat dan lebar jalan agar seluruh alat proses dapat dicapai oleh pekerja dengan cepat dan mudah supaya jika terjadi gangguan alat proses dapat segera diperbaiki.

6. Pertimbangan ekonomi

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

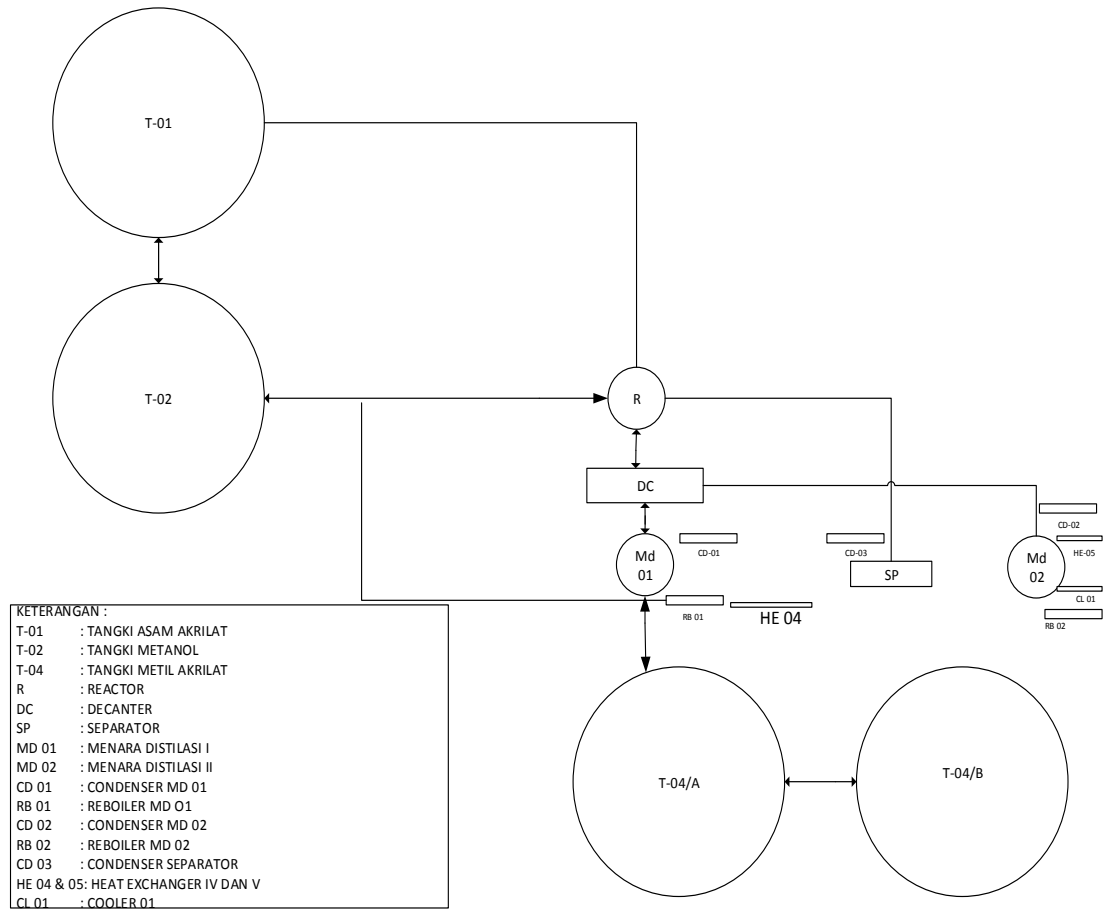
7. Tata letak alat proses

Dalam penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi pabrik. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengaktifkan penggunaan luas lantai
- c. Biaya material handling menjadi rendah dan menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk kapasitas yang tidak penting.

8. Jarak antar alat proses

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



Gambar 4.2. Tata Letak Alat Proses

4.4 Perawatan (*Maintenance*)

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

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

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

a. *Over haul* 1 x 1 tahun

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

b. *Repairing*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* antara lain sebagai berikut:

a) Umur alat

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

b) Bahan baku

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

c) Tenaga manusia

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

4.5 Utilitas

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik *Methyl Acrylate* adalah:

1. Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut:

a. Air pendingin

b. Air konsumsi umum dan sanitasi

c. Air umpan *boiler*

2. Unit pengadaan *steam*

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan *steam* sebagai media pemanas untuk *reboiler*

3. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, untuk penyediaan udara tekan di bengkel dan untuk kebutuhan umum lainnya.

4. Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, peralatan utilitas, peralatan elektronik atau alat-alat listrik, AC, maupun penerangan. Listrik disuplai dari PLN dan disediakan *generator* sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan.

5. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *generator* dan *boiler*.

6. Unit pengolahan limbah

Unit ini berfungsi mengolah limbah sanitasi dan air limbah proses.

4.5.1 Unit Pengadaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau, maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik *Methyl Acrylate* ini sumber air yang

digunakan berasal dari air laut. Penggunaan air laut sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Air laut dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- c. Letak laut berada tidak jauh dari lokasi pabrik

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1) Air pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 45°C menjadi 30°C, untuk dapat digunakan sebagai air untuk proses pendinginan pada alat pertukaran panas dari alat yang membutuhkan pendinginan.

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi didalam *cooling tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang. Maka *water make up* untuk *cooling tower* sebesar 1999,681 kg/jam.

Sistem air pendingin terutama terdiri dari *cooling tower* dan basin, pompa air pendingin untuk peralatan proses, sistem injeksi bahan kimia, dan *induce draft fan*. Sistem injeksi bahan kimia disediakan untuk mengolah air pendingin untuk mencegah korosi, mencegah terbentuknya kerak dan pembentukan lumpur diperalatan proses, karena akan menghambat atau menurunkan kapasitas perpindahan panas.

Tabel 4.2. Kebutuhan Air Pendingin

No.	Kode Alat	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	CL-01	Cooler sebelum separator	830,3766
2	CL-02	Cooler setelah MD-02	2116,3777
3	CD-01	Condensor pada MD-01	9488,3503
4	CD-02	Condensor pada MD-02	2655,0986
5	CD-03	Condensor setelah separator	5575,8077
6	R-01	Jaket pendingin pada reaktor	3946,5648
		TOTAL	24612,5759

Dengan memilih over design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin adalah sebesar 29535,091 kg/jam.

2) Air umpan boiler (*boiler feed water*)

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

a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung asam, gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S, dan NH₃. O₂ masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

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

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa Ca⁺⁺ dan Mg⁺⁺

c) Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik

yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

Tabel 4.3. Kebutuhan Air Untuk Pembangkit Steam

No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Heater (HE-01)	81,3995
2	Heater (HE-02)	854,0050
3	Heater (HE-03)	1966,3734
4	Heater (HE-04)	5454,7688
5	Heater (HE-05)	5339,7583
6	Reboiler pada MD-01 (RE-01)	12346,168
7	Reboiler pada MD-02 (RE-02)	18,2483
	TOTAL	26060,7213

Dengan memilih *over design* sebesar 20% maka jumlah kebutuhan air untuk pembangkit *steam* adalah sebesar 6254,5731 kg/jam

3) Air sanitasi

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

a) Syarat fisika, meliputi:

Suhu : dibawah suhu udara

Warna : jernih

Rasa : tidak berasa

Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air. Serta tidak mengandung bakteri, terutama bakteri patogen.

Tabel 4.4. Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

No.	Nama Unit	Kebutuhan (kg/jam)
1	Perkantoran	833,333
2	Perumahan	6666,6667
3	Pertamanan	1666,6667
4	Pemadam kebakaran	1000
	TOTAL	10166,6667

4.5.2 Pengolahan Air

Sumber air pabrik *Methyl Acrylate* berasal dari air laut. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air laut. Pengolahan air untuk kebutuhan pabrik meliputi pengolahan secara fisik dan kimia, maupun penambahan desinfektan. Pengolahan secara fisis adalah dengan *screening* dan secara kimia adalah dengan penambahan *chlorine*.

Pada tahap penyaringan, air laut dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air. Pada *discharge* pompa diinjeksikan klorin sejumlah 1 ppm. Jumlah ini memenuhi untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembangbiakannya pada proses perkembangannya.

Desalinasi

Pengolahan air laut pada pabrik *Methyl Acrylate* menggunakan proses desalinasi. Air laut adalah air murni yang didalamnya larut berbagai zat

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

Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai umpan ketel (*boiler feed water*) untuk membangkitkan steam suhu $294,59^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan 7.889,7 kPa.

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

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

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

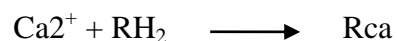
Air keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di tangki penyimpanan (*demin water storage*).

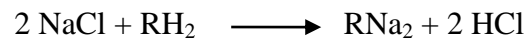
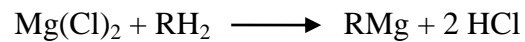
Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat *cation/ anion* secara optimal. Untuk itu perlu dilakukan penyegaran/ pengaktifan kembali secara regenerasi.

Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin *cation* diregenerasi menggunakan larutan H_2SO_4 , sedangkan resin *anion* menggunakan larutan $NaOH$.

Reaksi yang terjadi di *ion exchanger* :

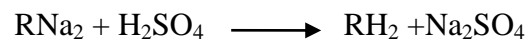
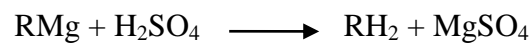
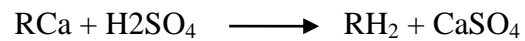
a) *Cation exchanger*



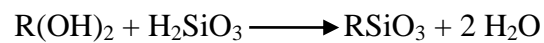
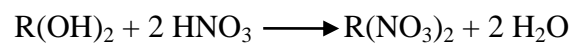
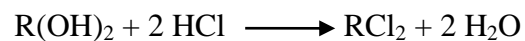
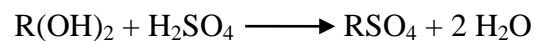


Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 4%.

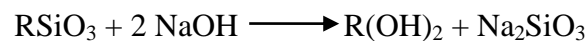
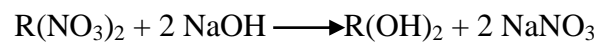
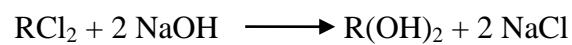
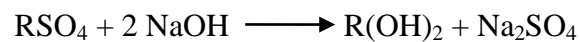
Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



b) Anion exchanger



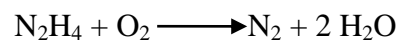
Apabila resin sudah jenuh dilakukan dengan pencucian menggunakan larutan NaOH 40%. Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



4.5.3 Unit Penyediaan Steam

Sistem penyedia steam terdiri dari deaerator dan boiler. Proses deaerasi terjadi dalam deaerator berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray, sparger* yang

berkontak secara *counter current* dengan steam. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari deaerator. Deaerator memiliki waktu tinggal 12 jam. Larutan hidrazin diinjeksikan ke dalam deaerator untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air bebas mineral dengan reaksi:



Kandungan oksigen keluar dari deaerator didesain tidak lebih besar dari 0,007 ppm.

4.5.4 Unit Penyediaan Listrik

Untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam pabrik, diambil dari PLN dan sebagai cadangan adalah generator set untuk menghindari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi pada PLN. Kebutuhan listrik dapat dibagi:

1. Listrik untuk keperluan proses
2. Listrik untuk keperluan pengolahan air
3. Listrik untuk penerangan dan AC
4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Pada perancangan pabrik *Methyl Acrylate* ini kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari pembangkit listrik PLN dan generator set sebagai cadangan. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik (AC) dengan pertimbangan:

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

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

Generator ini berfungsi untuk menyediakan listrik bagi bahan-bahan yang tidak boleh berubah-ubah tenaganya. Generator yang digunakan arus bolak-balik (AC) sistem 3 phase. Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

1. Listrik untuk keperluan alat proses
2. Kebutuhan listrik untuk peralatan utilitas
3. Listrik untuk kantor dan mess
4. Alat kontrol

4.5.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada furnace, boiler, dan generator. Pada perancangan ini digunakan bahan bakar jenis solar untuk generator sedangkan untuk furnace dan boiler digunakan bahan bakar jenis fuel oil. Untuk menjalankan generator digunakan bahan bakar:

- a. Tipe bahan : solar
- b. *Heating value* : 250.000 Btu/gallon
- c. Efisiensi bahan bakar : 80%
- d. Sg solar : 0,8691

4.5.6 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan digunakan untuk menjalankan instrumentasi seperti untuk menggerakkan *control valve* serta untuk pembersihan peralatan pabrik. Udara instrumen bersumber dari udara di lingkungan pabrik, hanya saja udara tersebut harus dinaikkan tekanannya dengan menggunakan *compressor*. Untuk memenuhi kebutuhan digunakan *compressor* dan didistribusikan melalui pipa-pipa

4.5.7 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

1. Pompa Utilitas (PU-01)

Fungsi	: Mengalirkan air laut menuju <i>screener</i> sebanyak 29233,9096 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 141,5997 gpm
Head pompa	: 15,5112 ft
Tenaga pompa	: 0,5 Hp
Tenaga motor	: 1,5 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

2. Pompa Utilitas (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air laut menuju bak ekualisasisebanyak 13155,2593 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 63,7199 gpm
Head pompa	: 18,4637 ft
Tenaga pompa	: 0,297 Hp
Tenaga motor	: 0,75 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

3. Pompa Utilitas (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan air menuju sistem pengolahan <i>reverse osmosis</i> sebanyak 29233,9096 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 141,5997 gpm
Head pompa	: 17,8111 ft
Tenaga pompa	: 0,638 Hp
Tenaga motor	: 1,5 Hp

Putaran standar : 3500 rpm

Jumlah : 2 buah

4. Pompa Utilitas (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki anion exchanger menuju tangki demin sebanyak 6254,57 kg/jam

Jenis : Centrifugal pump single stage

Tipe : Mixed flow impeller

Bahan : Commercial steel

Kapasitas : 30,2952 gpm

Head pompa : 10,2835 ft

Tenaga pompa : 0,0788 Hp

Tenaga motor : 0,5 Hp

Putaran standar : 3500 rpm

Jumlah : 2 buah

5. Pompa Utilitas (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air make up steam menuju tangki kondensat sebanyak 6254,573 kg/jam

Jenis : Centrifugal pump single stage

Tipe : Mixed flow impeller

Bahan : Commercial steel

Kapasitas : 30,2952 gpm

Head pompa	: 10,4902 ft
Tenaga pompa	: 0,08 Hp
Tenaga motor	: 0,5 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

6. Pompa Utilitas (PU-06)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki kation exchanger menuju deaerator sebanyak 6254,573 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 30,2952 gpm
Head pompa	: 19,811 ft
Tenaga pompa	: 0,1518 Hp
Tenaga motor	: 0,5 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

7. Pompa Utilitas (PU-07)

Fungsi	: Mengalirkan air dari deaerator menuju tangki penampung deaerated water sebanyak 6254,573 kg/jam
--------	---

Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 30,2952 gpm
Head pompa	: 10,4902 ft
Tenaga pompa	: 0,08 Hp
Tenaga motor	: 0,5 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

8. Pompa Utilitas (PU-08)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin sebanyak 23628,0728 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 114,4469 gpm
Head pompa	: 11,0145ft
Tenaga pompa	: 0,319 Hp
Tenaga motor	: 0,75 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

9. Pompa Utilitas (PU-09)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin menuju tangki hot basin sebelum menuju cooling tower sebanyak 29535,0910 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 143,0586 gpm
Head pompa	: 11,7776 ft
Tenaga pompa	: 0,426 Hp
Tenaga motor	: 1 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

10. Pompa Utilitas (PU-10)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin dari hot basin menuju cooling tower sebanyak 29535kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed flow impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 143,0586 gpm
Head pompa	: 9,0303ft
Tenaga pompa	: 0,327 Hp

Tenaga motor	: 0,75 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Jumlah	: 2 buah

11. Bak Ekualisasi

Fungsi	: Menampung air dari <i>screener</i> dan menyediakan air sebanyak 29233,910 kg/jam untuk diolah serta mengendapkan kotoran yang masih lolos dari <i>screener</i> dengan waktu tinggal 4 jam.
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Panjang	: 8,01 m
Lebar	: 4 m
Tinggi	: 4 m
Volume	: 128,6292 m ³
Jumlah	: 1

12. Rangkaian *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO)

Fungsi	: Proses desalinasi air laut dengan membran sebagai media penyaringnya.
Jenis	: <i>Single stage sea water reverse osmosis system</i>

Bahan	: <i>Spiral wound</i>
<i>Permeate volumetris</i>	: 14470, 7852 L/jam
Flux RO	: 15 L/m ² /jam
Area per elements	: 40,1966 m ²
Area per P _{vessel}	: 120,5899 m ²
Jumlah membran	: 3
Jumlah <i>housing</i>	: 8

13. Rangkaian *Reverse Osmosis* (BW)

Fungsi	: Proses desalinasi air laut dengan membran sebagai media penyaringnya.
Jenis	: <i>Single stage sea water reverse osmosis system</i>
Bahan	: <i>Spiral wound</i>
<i>Permeate volumetris</i>	: 25725,8404 L/jam
Flux RO	: 35 L/m ² /jam
Area per elements	: 183,756 m ²
Area per P _{vessel}	: 367,512 m ²
Jumlah membran	: 2
Jumlah <i>housing</i>	: 2

14. Bak Penampung Air

Fungsi	: Menampung air sebanyak 29233,910 kg/jam dengan waktu tinggal 8 jam.
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Panjang	: 10 m
Lebar	: 5 m
Tinggi	: 5 m
Volume	: 257,2584 m ³
Jumlah	: 1

15. Hot Basin

Fungsi	: Menampung air pendingin yang akan didinginkan di <i>cooling tower</i> sebanyak 29535,09 kg/jam dengan waktu tinggal 1,5 jam
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Panjang	: 5,8 m
Lebar	: 2,9 m
Tinggi	: 2,9 m
Volume	: 48,7329 m ³
Jumlah	: 1

16. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi	: Mendinginkan air pendingin yang telah dipakai dalam proses pabrik sebanyak 29535,09 kg/jam.
Jenis	: <i>Cooling tower induced draft</i>
tinggi	: 6 m
Panjang	: 2 m
Lebar	: 2 m
<i>Ground area</i>	: 4 m ²
Jumlah	: 1

17. Cold Basin

Fungsi	: Menampung air pendingin yang dingin dari <i>cooling tower</i> sebanyak 29233,910 kg/jam dengan waktu tinggal selama 1,5 jam.
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Panjang	: 5,7 m
Lebar	: 2,9 m
Tinggi	: 2,9 m
Volume	: 48,7329 m ³
Jumlah	: 1

18. Kation Exchanger

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air proses yang disebabkan oleh kation sebanyak 6254,5731 kg/jam.
Jenis	: <i>Down flow cation exchanger</i>
Luas	: 6,9 ft ²
Diameter	: 2,96 ft
Tinggi bed	: 0,5 m
Kecepatan aliran	: 4 gpm
Jumlah	: 1

19. Anion Exchanger

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air proses yang disebabkan oleh anion sebanyak 6254,5731 kg/jam.
Jenis	: <i>Strongly basic anion exchanger</i>
Luas	: 3,93 ft ²
Diameter	: 2,24 ft
Tinggi bed	: 6,75ft
Kecepatan aliran	: 7 gpm
Jumlah	: 1

20. Deaerator

Fungsi	: Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O ₂ dan CO ₂ sehingga mengurangi korosi logam.
Jenis	: Silinder tegak
Kecepatan Volumetri	: 6,2546 m ³ /jam
Diameter	: 4,86 m
Tinggi	: 4,86 m
Volume	: 90,066 m ³
Jumlah	: 1

21. Tangki Penampung *Deaerated Water*

Fungsi	: Menampung <i>deaerated water</i> sebanyak 6254,5731 kg/jam.
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Diameter	: 2,1 m
Tinggi	: 2,1 m
Volume	: 7,5 m ³
Jumlah	: 1

22. Tangki DeminWater

Fungsi	: Menampung air hasil demineralisasi sebanyak 6254,5731 kg/jam.
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Diameter	: 2 m
Tinggi	: 2 m
Volume	: 6,88 m ³
Jumlah	: 1

23. Tangki Kondensat

Fungsi	: Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan boiler.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Diameter	: 2,1 m
Tinggi	: 2,1 m
Volume	: 7,5 m ³
Jumlah	: 1

24. Tangki Sanitasi

Fungsi	: Menampung air bersih untuk keperluan umum sebanyak 12200 kg/jam.
Jenis	: Bak persegi panjang
Bahan	: Beton bertulang
Diameter	: 4,7 m
Tinggi	: 4,7 m
Volume	: 80,52 m ³
Jumlah	: 1

25. Tangki NaOH

Fungsi	: Menampung NaOH untuk kebutuhan di <i>Anion Exchanger</i> sebanyak 84,2836 kg.
Jenis	: Tangki silinder vertikal, <i>flat bottom, conical roof</i>
Diameter	: 1,31 m
Tinggi	: 1,31 m
Volume	: 1,7 m ³
Jumlah	: 1

26. Tangki HCl

Fungsi	: Menampung HCl untuk kebutuhan di <i>Kation Exchanger</i> sebanyak 48,163 kg.
Jenis	: Tangki silinder vertikal, <i>flat bottom, conical roof</i>
Diameter	: 1,06 m
Tinggi	: 1,06 m
Volume	: 0,93 m ³
Jumlah	: 1

27. Tangki Kaporit

Fungsi	: Menampung kaporit sebanyak 0,0283 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder vertikal, <i>flat bottom, conical roof</i>
Diameter	: 0,2 m
Tinggi	: 0,5 m
Volume	: 0,1046 m ³
Jumlah	: 1

4.6 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan

selalu dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain itu laboratorium juga berperan dalam pengendalian lingkungan.

Pengendalian mutu atau pengawasan mutu di dalam suatu pabrik dilakukan dengan tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pengendalian mutu dilakukan mulai bahan baku, saat proses berlangsung, dan juga pada hasil atau produk.

Pengendalian mutu dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dengan pemeriksaan secara rutin juga dapat diketahui apakah proses berjalan normal atau menyimpang. Jika diketahui analisa produk tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi.

Laboratorium berada di bawah bidang teknik dan perekayasaan yang mempunyai tugas pokok antara lain:

- a. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan pengontrol kualitas produk
- b. Sebagai pengontrol terhadap proses produksi
- c. Sebagai pengontrol terhadap mutu air pendingin, air umpan boiler, dan lain-lain yang berkaitan dengan proses produksi

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

4.6.1 Program Kerja Laboratorium

1. Analisa bahan baku dan produk

Analisa pada kandungan air dalam metanol dan asam akrilat meliputi : kemurnian, kadar air, warna, densitas, viskositas, titik didih, spesifik *gravity*, dan *impurities*.

2. Analisa untuk keperluan utilitas

Adapun analisa untuk utilitas, meliputi :

- a. Air proses penjernihan yang dianalisa adalah kadar pH, silikat, Ca sebagai CaCO_3 , khlor sebagai Cl_2 , Sulfur sebagai SO_3 dan zat padat lain.
- b. Air minum yang dianalisa meliputi pH, kadar khlorin dan kekeruhan.
- c. Resin penukar ion yang dianalisa adalah kesadahan CaCO_3 dan silikat sebagai SiO_2 .
- d. Air dalam boiler yang dianalisa meliputi pH, zat padat terlarut, kadar Fe, kadar CaCO_3 , SO_2 , PO_4 , dan SiO_3 .
- e. Air bebas mineral, yang dianalisa meliputi kesadahan, pH, jumlah O_2 terlarut, dan kadar Fe.
- f. BFW, yang dianalisa meliputi pH, kesadahan, jumlah O_2 terlarut dan kadar Fe.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi tiga bagian:

1. Laboratorium fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan antara lain: *spesific gravity*, viskositas, dan lain-lain.

2. Laboratorium analitik

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, produk akhir, analisa air dan bahan kimia yang digunakan seperti katalis dan lain-lain.

3. Laboratorium penelitian dan pengembangan (Litbang)

Tugas dari laboratorium litbang ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kinerja proses yang digunakan. Sifat dari laboratorium ini berhubungan dengan kinerja proses yang digunakan. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan tidak cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk didalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan dan pengurangan alat proses.

4.6.2 Prosedur Analisa Produk

a. *Infra red specttofotometer* (IRS)

Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel *Methyl Acrylate* secukupnya kemudian dianalisa langsung menggunakan *Infra red specttofotometer* (IRS). Dengan alat ini dapat ditentukan kandungan

gugus organik yang tersusun, apakah sudah memenuhi kriteria sebagai produk atau belum.

b. *Gas chromatography* (GC)

Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel *Methyl Acrylate* sebanyak 1 mikroliter diinjeksikan ke *injection port* yang terletak di bagian atas GC. Jika lampu kuning menyala maka hasil akan keluar pada kertas *recorder*. Lama analisa sekitar 20 menit.

4.6.3 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik *Methyl Acrylate* berupa limbah cair. Limbah cair ini berasal dari:

a. Air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dengan aerasi dan desinfektan *Calcium Hypochlorite*.

b. Air sisa proses

Limbah dari hasil bawah menara distilasi II berupa 99,5% air dan 0,5% *Methyl Acrylate* dinetralkan dalam kolom penetral. Penetralan dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 jika pH buangannya lebih dari 7 dan dengan menggunakan larutan $NaOH$ jika pH buangannya kurang dari 7. Air yang netral dialirkan ke kolam penampungan akhir bersama-sama dengan aliran air dari pengolahan yang lain.

4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik *Methyl Acrylate* yang akan didirikan direncanakan mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas
Lapangan usaha	: Industri <i>Methyl Acrylate</i>
Status perusahaan	: Swasta
Kapasitas	: 24.000 ton/tahun
Lokasi perusahaan	: Cilegon, Banten, Jawa Barat

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik adalah para pemegang saham sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya, karyawan perusahaan.
5. Efisiensi dari manajemen

Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris dan Direktur Utama yang cukup cakap dan berpengalaman.

6. Lapangan usaha lebih luas

Suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga perseroan terbatas dapat memperluas usahanya.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas:

1. Perseroan Terbatas didirikan dengan akta dari notaris dengan berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum Dagang.
2. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-sahamnya.
3. Pemiliknya adalah para pemegang saham.
4. Perseroan Terbatas dipimpin oleh suatu direksi yang terdiri dari para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

4.7.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan kerangka mekanisme formal bagaimana organisasi atau perusahaan tersebut dikelola. Hal ini berhubungan dengan komunikasi yang terjadi di dalam perusahaan demi tercapainya keselarasan dan keselamatan kerja antar karyawan.

Sistem struktur organisasi perusahaan ada tiga yaitu *line*, *linedan staff*serta sistem fungsional. Di antara ketiganya yang baik adalah struktur organisasi sistem *linedan staff*karena garis kekuasaan lebih sederhana dan

praktis. Segala sesuatu yang menyangkut perusahaan diputuskan bersama baik oleh pimpinan maupun staff yang tergabung dalam suatu dewan (dewan komisaris, dewan direksi). Menurut pembagian kerjanya, seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada atasannya saja dan demi kelancaran produksi pimpinan dalam melaksanakan tugasnya dibantu oleh beberapa staff ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya.

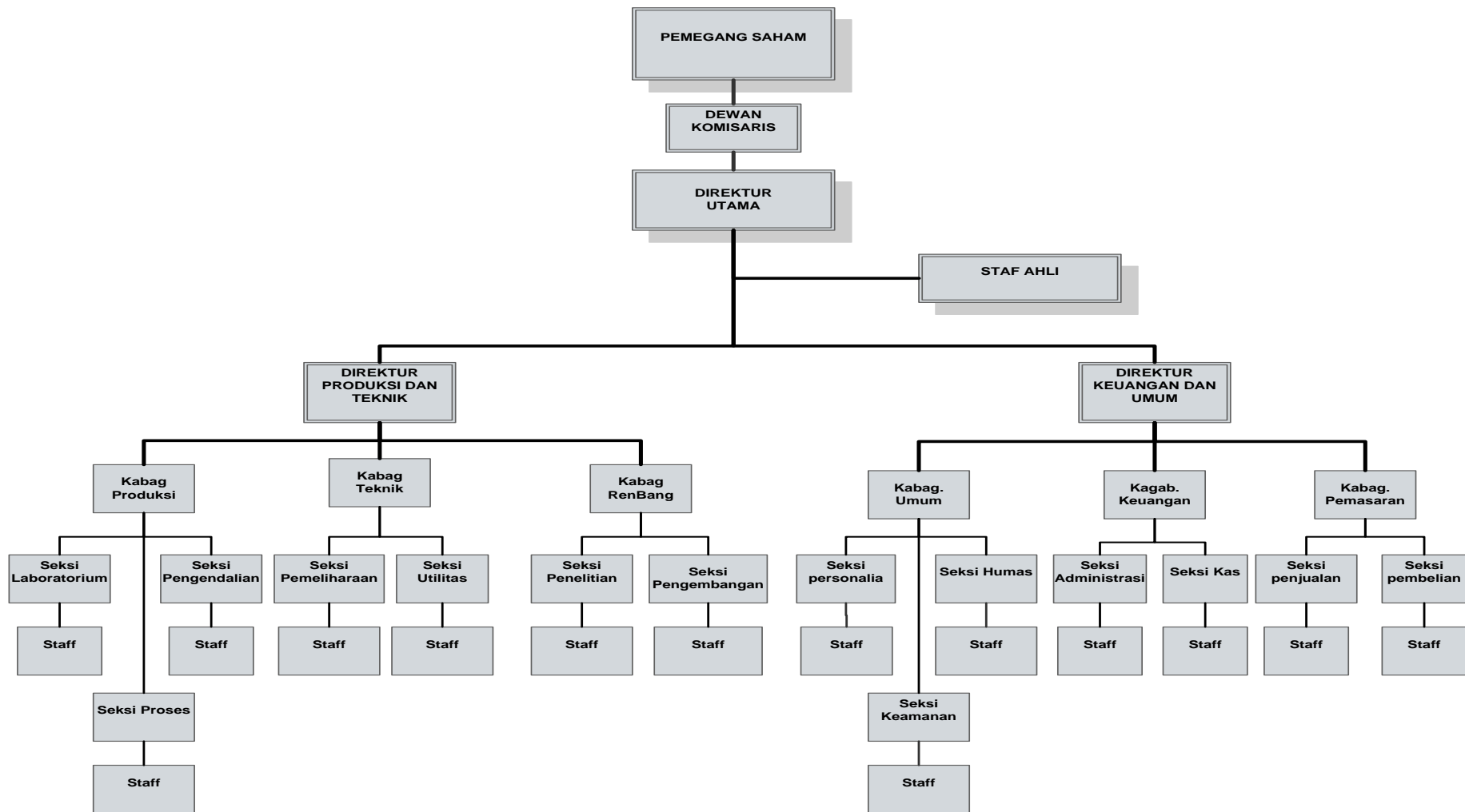
Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi sistem *line* dan *staff* ini yaitu:

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

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur Keuangan dan Umum membidangi kelancaran pelayanan dan pemasaran. Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian dan Kepala Bagian ini akan membawahi para karyawan perusahaan.

Dengan adanya struktur organisasi pada perusahaan maka akan didapatkan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan lain-lain
2. Penempatan pegawai yang lebih tepat
3. Penyusunan program pengembangan manajemen akan lebih terarah
4. Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
5. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
6. Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4.3. Struktur Organisasi

4.7.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT. (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut pemegang saham berwenang:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

2. Dewan Komisaris

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

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

3. Dewan Direksi

Direksi Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sebelumnya terhadap maju mundurnya perusahaan.

Direktur utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Direktur Keuangan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

- a. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
- b. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
- c. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- d. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (Direktur Produksi) dan bagian keuangan dan umum (Direktur Keuangan dan Umum).

Tugas dari Direktur Produksi antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, teknik, dan rekayasa produksi
- b. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang pemasaran, keuangan, dan pelayanan umum.

- b. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang Staff Ahli adalah:

- a. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b. Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan.
- c. Memberikan saran dalam bidang hukum.

5. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian dapat juga bertindak sebagai Staf Direktur. Kepala Bagian bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Kepala Bagian terdiri dari:

- a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi

yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Produksi membawahi seksi proses, seksi pengendalian, dan seksi laboratorium.

Tugas seksi proses antara lain:

- a) Mengawasi jalannya proses produksi
- b) Menjalankan tindakan seperlunya terhadap kejadian-kejadian yang tidak diharapkan sebelum diambil oleh seksi yang berwenang.

Tugas seksi pengendalian adalah menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

Tugas seksi laboratorium antara lain:

- 1) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu
 - 2) Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
 - 3) Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik
 - 4) Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi.
- c) Kepala Bagian teknik

Tugas kepala bagian teknik antara lain:

- 1) Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan dan utilitas
- 2) Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi seksi pemeliharaan, seksi utilitas, dan seksi keselamatan kerja-penanggulangan kebakaran.

Tugas seksi pemeliharaan antara lain:

- 1) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik
- 2) Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik

Tugas seksi utilitas antara lain melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, dan tenaga listrik

Tugas seksi keselamatan kerja antara lain:

- 1) Mengatur, menyediakan, dan mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja
- 2) Melindungi pabrik dari bahaya kebakaran

b. Kepala Bagian keuangan

Kepala bagian keuangan ini bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan dan membawahi 2 seksi, yaitu seksi administrasi dan seksi keuangan.

Tugas seksi administrasi adalah menyelenggarakan pencatatan utang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.

Tugas seksi keuangan antara lain:

- a) Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang, dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan
- b) Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan

c. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi serta membawahi 2 seksi yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

Tugas seksi pembelian antara lain:

- a) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan dalam kaitannya dengan proses produksi
- b) Mengetahui harga pasar dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat gudang

Tugas seksi pemasaran antara lain:

- a) Merencanakan strategi penjualan hasil produksi
- b) Mengatur distribusi hasil produksi

d. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat, dan keamanan serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian umum membawahi seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

Seksi personalia bertugas:

- a) Membina tenaga kerja dan menciptakan susana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja, pekerjaan, dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- b) Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis
- c) Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

Seksi humas bertugas mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

Seksi keamanan bertugas:

- a) Mengawasi keluar masuknya orang-orang, baik karyawan maupun bukan karyawan di lingkungan pabrik
- b) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan
- c) Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan

6. Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Litbang terdiri dari tenaga-tenaga ahli sebagai pembantu direksi dan bertanggung jawab kepada direksi. Litbang membawahi 2 departement, yaitu Departement Penelitian dan Departement Pengembangan. Tugas dan wewenangnya meliputi:

- a. Memperbaiki mutu produksi
- b. Memperbaiki dan melakukan inovasi terhadap proses produksi
- c. Meningkatkan efisiensi perusahaan diberbagai bidang

7. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.7.4 Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktifitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan prosuktifitas perusahaan.

Hubungan itu dapat terrealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contohnya adalah sistem penggajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian.

Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar pada tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, sistem upah yang diterima berupa upah borongan atau suatu pekerjaan Pabrik *Methyl Acrylate* ini direncanakan beroperasi setiap hari dengan jam kerja efektif 24 jam/hari. Adapun karyawan yang bekerja dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

a. Karyawan non shift

Karyawan non shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan non shift adalah: Direktur, Staf Ahli, Manajer, Kepala Bagian serta staff yang berada di kantor. Karyawan non shift dalam seminggu bekerja selama 6 hari, dengan pembagian jam kerja sebagai berikut:

Hari Senin-Jumat : jam 08.00 – 16.00 WIB

Hari Sabtu : jam 08.00 – 12.00 WIB

Waktu istirahat : jam 12.00 – 13.00 WIB

Waktu istirahat Jumat : jam 11.30 – 13.00 WIB

b. Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gedung, dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Para karyawan shift akan bekerja secara bergantian selama 24 jam sebagai berikut:

Shift pagi : jam 07.00 – 15.00 WIB

Shift sore : jam 15.00 – 23.00 WIB

Shift malam : jam 23,00 – 07.00WIB

Untuk karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu (A / B / C / D) dimana tiga regu bekerja dan satu regu istirahat, serta dikenakan secara bergantian. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang bertugas tetap harus masuk.

Tabel 4.5. Jadwal Pembagian kelompok shift

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	A	D	C	B	A	D	C	B	D	A
Sore	B	A	D	C	B	A	D	C	C	B
Malam	C	B	A	D	C	B	A	D	C	A
Off	D	C	B	A	D	C	B	A	D	B
Hari	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	A	D	C	B	A	D	C	B	D	A
Sore	B	A	D	C	B	A	D	C	C	B
Malam	C	B	A	D	C	B	A	D	C	A

<i>Off</i>	D	C	B	A	D	C	B	A	D	B
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Hari	21	22	23	24	25	26	27	28
Pagi	A	D	C	B	A	D	C	B
Sore	B	A	D	C	B	A	D	C
Malam	C	B	A	D	C	B	A	D
<i>Off</i>	D	C	B	A	D	C	B	A

Jadwal untuk hari selanjutnya mengikuti urutan yang sudah ada. Setelah masuk shift malam, diberikan istirahat untuk penyesuaian sebelum masuk shift pagi.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Disamping itu masalah absensi digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karir para karyawan di dalam perusahaan.

4.7.5 Kesejahteraan Karyawan

Pada pabrik *Methyl Acrylate* ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Upah minimumpekerja tidak kurang dari Upah Minimum Regional (UMR) di daerah dimana pabrik berdiri dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan, dan prestasi kerja karyawan.

Tabel 4.6. Perincian Tugas dan Keahlian

No	Jabatan	Prasyarat
1	Direktur Utama	Sarjana Ekonomi / Teknik / Hukum
2	Direktur Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi / Akuntansi
4	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia/Mesin/Elektro
5	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Teknik Kimia/Mesin/Elektro
6	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi/Akuntansi
7	Kepala Bagian Umum	Sarjana Ekonomi/Akuntansi
8	Kepala Bagian Maintenance	Sarjana Teknik mesin
9	Kepala Bagian Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
10	Kepala Bagian Quality Assurance	Sarjana Teknik Kimia
11	Kepala Seksi	Sarjana
12	Operator	Sarjana atau D3
13	Sekretaris	Sarjana atau Akademi Sekretaris
14	Dokter	Sarjana Kedokteran
15	Perawat	Akademi Perawat
16	Lain-lain	SLTA / Sederajat

Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat, sehingga semua pekerjaan dapat diselenggarakan dengan baik dan efisien.

Tabel 4.7. Jumlah Karyawan Menurut Jabatan

NO	JABATAN	JUMLAH
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Staff Ahli	1
5	Kepala Bagian Proses	1
6	Kepala Bagian Utilitas	1
7	Kepala Bagian Pemasaran dan Keuangan	1
8	Kepala Bagian Administrasi dan Umum	1
9	Kepala Bagian Litbang	1
10	Kepala Bagian Humas dan Keamanan	1

NO	JABATAN	JUMLAH
11	Kepala Bagian K3	1
12	Ka. Bag. Pemeliharaan Listrik & Instrumentasi	1
13	Kepala Seksi UPL	1
14	Kepala Seksi Proses	1
15	Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk	1
16	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
17	Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi	1
18	Kepala Seksi Laboratorium	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Pemasaran	1
21	Kepala Seksi Personalia	1
22	Kepala Seksi Humas	1
23	Kepala Seksi Keamanan	1
24	Kepala Seksi K3	1
25	Karyawan Personalia	5
26	Karyawan Humas	5
27	Karyawan Litbang	5
28	Karywan Pembelian	5
29	Karyawan Pemasaran	5
30	Karyawan Administrasi	4
31	Karyawan Kas/Anggaran	4
32	Karyawan Proses	20
33	Karyawan Pengendalian	10
34	Karyawan Laboratorium	6
35	Karyawan Pemeliharaan	6
36	Karyawan Utilitas	12
37	Karyawan K3	6
38	Karyawan Keamanan	6
39	Sekretaris	4
40	Dokter	3
41	Perawat	5
42	Sopir	11
43	Cleaning Service	10
	TOTAL	156

Tabel 4.8. Perincian Golongan dan Gaji Karyawan

Gol.	Jabatan	Gaji/bulan (Rp)	Kualifikasi
I.	Direktur Utama	Rp. 30.000.000	S1 Pengalaman 10 Tahun
II.	Direktur	Rp. 20.000.000	S1 Pengalaman 10 Tahun
III.	Staff Ahli	Rp. 10.000.000	S1 Pengalaman 5 Tahun
IV.	Kepala Bagian	Rp. 15.000.000	S1 Pengalaman
V.	Kepala Seksi	Rp.10.000.000	S1 / D3 Pengalaman
VI.	Sekretaris	Rp. 6.000.000	S1 / D3 Pengalaman
VII.	Karyawan	Rp. 8.000.000	S1 / D3 Pengalaman
VIII.	Karyawan biasa	Rp. 4.000.000	SLTA/ D1/D3

4.7.6 Fasilitas Karyawan

Tersedianya fasilitas yang memadai dapat meningkatkan produktivitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani para karyawan tetap terjaga dengan baik. Sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan. Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah:

a. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.

b. Pakaian kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

c. Makan dan minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

d. Koperasi

Koperasi karyawan diberikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan. Bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

g. Tempat ibadah

Perusahaan membangun tempat ibadah agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktivitas keagamaan lainnya.

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperringan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersama dengan penerimaan gaji tiap bulan.

i. Hak cuti

a) Cuti tahunan

Diberikan pada karyawan selama 12 hari kerja dalam sethaun.

b) Cuti massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

c) Cuti hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

4.7.7 Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas yang sesuai dengan rencana

dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatkan kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat menghindari terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian. Dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional. Sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

4.7.8 Perencanaan Produksi

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

a. Kemampuan pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan:

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil yaitu:

1. Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.

2. Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada tahun berikutnya.
 3. Mencari daerah pemasaran lain.
- b. Kemampuan pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Material (bahan baku)

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

2. Manusia (tenaga kerja)

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

3. Mesin (peralatan)

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

4.7.9 Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai

dengan standar, dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana, serta waktu yang tepat sesuai dengan jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut:

a. Pengendalian kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi, dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

b. Pengendalian kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama, dan faktor lain yang dapat menghambat proses produksi. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

c. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

d. Pengendalian bahan proses

Bila ingin mencapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan baku untuk proses harus mencukupi. Oleh karena itu diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekuarangan.

4.8 Evaluasi Ekonomi

Pada prarancangan pabrik *Methyl Acrylate* ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang

dirancang ini menguntungkan dari segi ekonomi atau tidak. Bagian terpenting dari prarancangan ini adalah estimasi harga dari alat-alat, karena harga digunakan sebagai dasar untuk estimasi analisis ekonomi, dimana analisis ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan atau estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dalam titik impas. Selain itu analisis ekonomi juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak jadi didirikan.

Untuk itu pada prarancangan pabrik *Methyl Acrylate* ini, kelayakan investasi modal pada sebuah pabrik akan dianalisis meliputi:

- a. *Profitability*
- b. *%Profit on Sales (POS)*
- c. *%Return on Investment (ROI)*
- d. *Pay Out Time (POT)*
- e. *Break Event Point (BEP)*
- f. *Shut Down Point (SDP)*
- g. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Untuk meninjau faktor-faktor tersebut perlu diadakan penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produktif dan untuk menjalankannya. *Capital Investment* meliputi:

- a) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b) Modal kerja (*Working Capital*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Costs*) terdiri dari:
- a) Biaya pengeluaran (*Manufacturing Costs*)
 - b) Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
3. Total pendapatan penjualan produk *Methyl Acrylate*

4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun sebelumnya dikalikan rasio indeks harga.

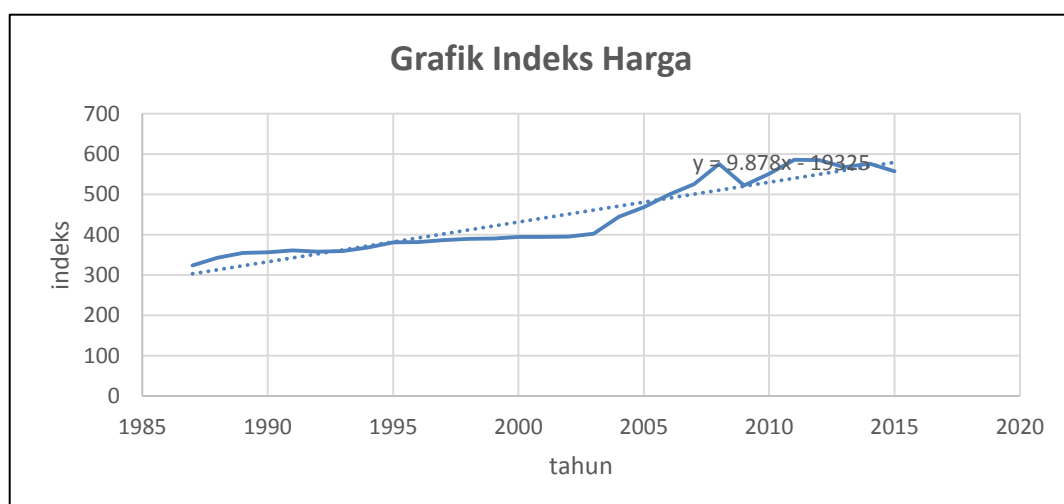
Diasumsikan kenaikan harga setiap tahun adalah linear, sehingga dapat ditentukan indeks nilai pada tahun tertentu.

Tabel 4.9. Indeks Harga Alat

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361.3
6	1992	358.2
7	1993	359.2
8	1994	368.1
9	1995	381.1

No	(Xi)	Indeks (Yi)
10	1996	381.7
11	1997	386.5
12	1998	389.5
13	1999	390.6
14	2000	394.1
15	2001	394.3
16	2002	395.6
17	2003	402
18	2004	444.2
19	2005	468.2
20	2006	499.6
21	2007	525.4
22	2008	575.4
23	2009	521.9
24	2010	550.8
25	2011	585.7
26	2012	584.6
27	2013	567.3
28	2014	576.1
29	2015	556.8

Sumber: www.chemengonline.com



Gambar 4.4. Grafik Indeks Harga Tiap Tahun

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$y = 9,878x - 19325$$

Dengan:

y = indeks harga

x = tahun pembelian

dari persamaan tersebut diperoleh harga indeks ditahun 2022 adalah 648,316.

Harga alat dan lainnya diperkirakan pada tahun evaluasi (2022) dan dilihat dari grafik pada refrensi. Untuk mengestimasi harga alat tersebut pada massa sekarang digunakan persamaan:

$$EX = EY \frac{NX}{NY}$$

Dimana:

EX : harga alat pada tahun x

EY : harga alat pada tahun y

NX : harga indeks untuk tahun x

NY : harga indeks untuk tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan:

$$Eb = Ea \frac{Cb}{Ca}^x$$

Dimana:

Ea : harga alat a

Eb : harga alat b

Ca : kapasitas alat a

Cb: kapasitas alat b

x : eksponen

harga eksponen tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk berbagai macam jenis alat dapat dilihat pada *Peter & Timmerhaus, "Plant Design And Economic for Chemical Engineering", 3th edition*. Untuk alat yang tidak diketahui harga eksponennya maka diambil harga x sebesar 0,6.

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi adalah:

- a) Kapasitas produksi : 24.000 ton/tahun
- b) Satun tahun operasi : 330 hari
- c) Pabrik didirikan tahun : 2022
- d) Nilai kurs dollar 2018 : \$ 1 = Rp 14.400
- e) Umur alat : 10 tahun

4.8.2 Perhitungan Biaya

a. *Capital Investment*

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment meliputi:

a) *FixedCapital investment (FCI)*

FixedCapital investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan pabrik beserta fasilitas-fasilitasnya.

b) *Working Capital investment (WCI)*

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

b. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk produksi suatu barang, yang merupakan jumlah dari *Direct Manufacturing Cost*(DC), *Indirect Manufacturing Cost*(IC), dan *Fixed Manufacturing Cost* (FC), yang berkaitan dengan produk.

a) *Direct Manufacturing Cost*

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b) *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c) *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost adalah harga yang berkaitan dengan *Fixed Capital Investment* dan pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan, dimana harganya tetap tidak dipengaruhi waktu maupun tingkat produksi.

c. *General Expense*

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

4.8.3 Pendapatan Modal

Untuk mendapatkan titik impas maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)

Yaitu biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun yang tidak terpengaruh produksi atau tidak berproduksi.

b. Biaya variabel (*Variabel Cost*)

Yaitu biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun yang besarnya dipengaruhi kapasitas produksi.

c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

Yaitu biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun yang besarnya proporsional dengan kapasitas produksi. Biaya-biaya itu bisa menjadi biaya tetap dan bisa menjadi biaya variabel.

4.8.4 Analisis Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, dan untuk mengetahui pabrik tersebut berpotensi untuk didirikan atau tidak, maka perlu dilakukan analisa kelayakan.

1. *Percent Return On Investment* (ROI)

Percent Return On Investment adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan.

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

Nilai ROI minimum untuk pabrik beresiko rendah adalah 11% dan ROI minimum untuk pabrik beresiko tinggi adalah 40%. (Aries & Newton, 1955)

2. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang dibutuhkan untuk pengembalian *Fixed Capital Investment* dengan keuntungan pertahun sebelum dikurangi depresiasi.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Cost}}{\text{profit} + (0,1 \times \text{Fixed Capital Investment})} \times 100\%$$

Untuk pabrik beresiko rendah selama 5 tahun, sedangkan untuk pabrik beresiko tinggi selama 2 tahun. (Aries & Newton, 1955)

3. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian). Kapasitas oabrik pada saat *sales* sama dengan *total cost*.

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Expense*

Ra : *Annual Regulated Expense*

Va : *Annual Variabel Expense*

Sa : *Annual Sales Value*

Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah nilai BEP dan untung jika beroperasi diatas nilai BEP. Harga BEP pada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas maksimal. (Aries & Newton, 1955)

4. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun, maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

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

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Discounted Cash Flow adalah perbandingan besarnya presentase keuntungan yang diperoleh terhadap *capital investment* dibandingkan dengan tingkat bunga yang berlaku di bank.

Rate of Return dihitung dengan persamaan: $FC + WC (1 + i)^n = CF (1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + 1 + i + 1 + SV + WC$

Nilai R harus sama dengan S.

Dimana:

FC: *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value* (nilai tanah)

CF: *Annual Cash Flow (Profit after taxes + depresi + finance)*

i : *Discounted Cash Flow*

n : Umur pabrik (tahun)

4.8.5 Perhitungan ekonomi

1) Penentuan Total *Capital Investment* (TCI)

Asumsi-asumsi dan ketentuan yang digunakan dalam perhitungan analisis ekonomi:

- a. Pengoperasian pabrik dimulai tahun 2023
- b. Proses yang dijalankan adalah proses kontinyu
- c. Kapasitas produksi adalah 24.000 ton/tahun
- d. Jumlah hari kerja adalah 330 hari/tahun
- e. *Shut down* pabrik dilaksanakan selama 35 hari dalam satu tahun untuk perbaikan alat-alat pabrik
- f. Umur alat-alat pabrik diperkirakan 10 tahun
- g. Nilai rongsokan (*Salvage Value*) adalah nol
- h. Situasi pasar, biaya, dan lain-lain diperkirakan stabil selama pabrik beroperasi
- i. Upah tenaga asing sebesar \$ 20/jam
- j. Upah tenaga Indonesia sebesar Rp. 15.000/jam
- k. Harga bahan baku asam akrilat Rp. 26.575
- l. Harga bahan baku metanol Rp. 15.000
- m. Harga katalis asam sulfat Rp. 97.500
- n. Harga produk *Methyl Acrylate* \$ 1,7
- o. Kurs rupiah yang dipakai sebesar \$ 1 sama dengan Rp.14.400

2) Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Tabel. 4.10. Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Harga (US \$)
1	Tangki asam akrilat	T-01	1	56.605
2	Tangki metanol	T-02	1	37.587
3	Tangki asam sulfat	T-03	1	16.655
4	Tangki <i>Methyl Acrylate</i>	T-04	2	80.125
5	Reaktor CSTR	R-01	1	259.281
6	Decanter	DC-01	1	150.200
7	Separator Drum	SP-01	1	7.877
8	Menara distilasi 01	MD-01	1	450.141
9	Reboiler 01	RE-01	1	3.939
10	Kondensor 01	CD-01	1	675
11	Menara distilasi 02	MD-02	1	562.677
12	Reboiler 02	RE-02	1	3.826
13	Kondensor 02	CD-02	1	52.892
14	Kondensor 03	CD-03	1	4.276
15	Heater 01	HE-01	1	4.164
16	Heater 02	HE-02	1	8.103
17	Heater 03	HE-03	1	10.578
18	Heater 04	HE-04	1	16.093
19	Heater 05	HE-05	1	15.530
20	Cooler 01	CL-01	1	44.226
21	Cooler 02	CL-02	1	1.801
22	Pompa 01	P-01	2	29.709
23	Pompa 02	P-02	2	27.684
24	Pompa 03	P-03	2	24.533
25	Pompa 04	P-04	2	33.536
26	Pompa 05	P-05	2	29.709
27	Pompa 06	P-06	2	33.536
28	Pompa 07	P-07	2	24.533
29	Pompa 08	P-08	2	33.536
30	Pompa 09	P-09	2	22.282
TOTAL				2.059.284

Tabel. 4.11. Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Jumlah	Harga (US \$)
1	<i>Screener</i>	1	27.121
2	Bak ekualisasi	1	53.004
3	Reverse osmosis (SW)	1	11.254

No.	Nama Alat	Jumlah	Harga (US \$)
5	Reverse osmosis (BW)	1	3.714
6	Bak penampung air	1	83.501
7	Hot basin	1	28.359
8	Cooling tower	1	10.916
9	Blower cooling tower	1	172.688
10	Cold basin	1	28.246
11	Tangki kation-anion	1	10.916
	Boiler	1	3.714
12	Deaerator	1	1.463
13	Tangki deaerated water	1	42.201
14	Tangki denim	1	7.877
15	Tangki kondensat	1	8.440
16	Tangki sanitasi	1	39.275
17	Tangki HCl	1	2.138
18	Tangki NaOH	1	3.264
19	Tangki Kaporit	1	450
20	Pompa 01	2	34.211
21	Pompa 02	2	34.211
22	Pompa 03	2	34.211
23	Pompa 04	2	25.208
24	Pompa 05	2	25.208
25	Pompa 06	2	25.208
26	Pompa 07	2	25.208
27	Pompa 08	2	25.208
28	Pompa 09	2	34.211
29	Pompa 10	2	34.211
	Kompresor	1	6.189
TOTAL			841.823

a) *Purchased Equipment Cost (PEC)*

Harga pembelian alat proses dan alat utilitas dari tempat pembelian.

Alat proses = \$ 2.059.284

Alat utilitas = \$ 841.823

Total PEC = alat proses + alat utilitas

= \$ 2.059.284 + \$ 841.823

= \$ 2.906.958

= Rp. 41.860.201.905

b) *Delivered Equipment Cost (DEC)*

Biaya pengangkutan = 15% PEC
 = 15% x \$ 2.906.958
 = \$ 436.044

Biaya administrasi & pajak = 10% PEC
 = 10% x \$ 2.906.958
 = \$ 290.696

Total DEC = \$ 436.044 + \$ 290.696
 = \$ 726.740
 = Rp. 10.465.050.476

c) *Biaya Pemasangan (Instalation Cost)*

Besarnya instalasi adalah 43% dari *Purchased Equipment Cost (PEC)*

Material = 11% PEC
 = 11% x \$ 2.906.958
 = \$ 319.765
 = Rp. 4.604.622.210

Labor = 32% PEC
 = 32% x \$ 2.906.958
 = \$ 930.227

Tenaga asing = 5% Labor
 = 5% x \$ 930.227
 = \$ 46.511

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp.15.000} / \$ 20) \\
 &= 95\% \times \$ 930.227 \times 2 \times (\text{Rp.15.000} / \$ 20) \\
 &= \text{Rp. 1.325.573.060} \\
 &= \$ 92.054
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya instalasi} &= \$ 319.765 + \$ 46.511 + \$ 92.054 \\
 &= \$ 458.330 \\
 &= \text{Rp. 6.599.958.500}
 \end{aligned}$$

d) Biaya Pemipaan (*Piping Cost*)

$$\begin{aligned}
 \text{Material} &= 21\% \text{PEC} \\
 &= 21\% \times \$ 2.906.958 \\
 &= \$ 610.461
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Labor} &= 15\% \text{PEC} \\
 &= 15\% \times \$ 2.906.958 \\
 &= \$ 610.461
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga asing} &= 5\% \text{Labor} \\
 &= 5\% \times \$ 610.461 \\
 &= \$ 21.802
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp.15.000} / \$ 20) \\
 &= 95\% \times \$ 610.461 \times 2 \times (\text{Rp.15.000} / \$ 20) \\
 &= \text{Rp. 621.362.372} \\
 &= \$ 43.150
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya pemipaan} &= \$ 610.461 + \$ 21.802 + \$ 43.150 \\
 &= \$ 675.414
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 9.725.956.286$$

e) Biaya Instrumentasi (*Instrumentation Cost*)

$$\text{Material} = 24\% \times \text{PEC}$$

$$= 24\% \times \$ 2.906.958$$

$$= \$ 697.670$$

$$\text{Labor} = 6\% \times \text{PEC}$$

$$= 6\% \times \$ 2.906.958$$

$$= \$ 174.418$$

$$\text{Tenaga asing} = 5\% \text{Labor}$$

$$= 5\% \times \$ 174.418$$

$$= \$ 8.721$$

$$\text{Tenaga Indonesia} = 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp.}15.000 / \$ 20)$$

$$= 95\% \times \$ 174.418 \times 2 \times (\text{Rp.}15.000 / \$ 20)$$

$$= \text{Rp. } 248.544.949$$

$$= \$ 17.260$$

$$\text{Total biaya} = \$ 697.670 + \$ 8.721 + \$ 17.260$$

$$= \$ 723.651$$

$$= \text{Rp. } 10.420.574.012$$

f) Biaya Isolasi (*Insulation Cost*)

$$\text{Material} = 3\% \text{PEC}$$

$$= 3\% \times \$ 2.906.958$$

$$= \$ 87.209$$

$$\text{Labor} = 5\% \text{PEC}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5\% \times \$ 2.906.958 \\
 &= \$ 145.348 \\
 \text{Tenaga asing} &= 5\% \text{Labor} \\
 &= 5\% \times \$ 145.348 \\
 &= \$ 7.267 \\
 \text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp.}15.000 / \$ 20) \\
 &= 95\% \times \$ 145.348 \times 2 \times (\text{Rp.}15.000 / \$ 20) \\
 &= \text{Rp. } 207.120.791 \\
 &= \$ 14.383 \\
 \text{Total biaya insulasi} &= \$ 87.209 + \$ 7.267 + \$ 14.383 \\
 &= \$ 108.860 \\
 &= \text{Rp. } 1.567.577.353
 \end{aligned}$$

g) Biaya Listrik (*Electrical Cost*)

Biaya listrik biasanya berkisar antara 10% - 15% dari PEC. Pada pabrik *Methyl Acrylate* ini diambil biaya listrik 10% dari PEC.

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya listrik} &= 10\% \text{PEC} \\
 &= 15\% \times \$ 2.906.958 \\
 &= \$ 290.696 \\
 &= \text{Rp. } 4.186.020.190
 \end{aligned}$$

h) Biaya Bangunan (*Building Cost*)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bangunan} &= 11.727 \text{ m}^2 \\
 \text{Harga bangunan} &= \text{Rp.}2.500.000 / \text{m}^2 \\
 \text{Total biaya bangunan} &= \text{Luas} \times \text{Harga}
 \end{aligned}$$

$$= 11.727 \text{ m}^2 \times \text{Rp.}2.500.000 /\text{m}^2$$

$$= \text{Rp.} 29.318.750.000$$

$$= \$ 2.036.024$$

i) Tanah dan Perluasan Tanah (*Land and Yard Improvement*)

$$\text{Luas tanah} = 21.027 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga tanah} = \text{Rp.} 3.000.000 /\text{m}^2$$

$$\text{Total harga tanah} = \text{Luas} \times \text{Harga}$$

$$= 21.027 \text{ m}^2 \times \text{Rp.} 3.000.000 /\text{m}^2$$

$$= \text{Rp.} 63.082.500.000$$

$$= \$ 4.380.729$$

Tabel. 4.12. Data Physical Plant Cost (PPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	41.860.201.905	2.906.958
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	10.465.050.476	726.740
3	<i>Instalation Cost</i>	6.599.958.500	458.330
4	Pemipaan	9.725.956.286	675.414
5	Instrumentasi	10.420.574.012	723.651
6	Insulasi	1.567.577.353	108.860
7	Listrik	4.186.020.190	290.696
8	Bangunan	29.318.750.000	2.036.024
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	. 63.082.500.000	4.380.729
TOTAL		178.175.338.722	12.373.287

j) *Engineering and Construction*

Untuk PPC lebih dari US\$ 5.000.000, *Engineering and Construction* sebesar 20% dari PPC.

$$\text{Engineering and Construction} = 20\% \text{ PPC}$$

$$= 20\% \times \$ 12.373.287$$

$$= \$ 2.474.657$$

$$= \text{Rp. } 35.635.067.744$$

$$\text{DPC (Direct Plant Cost)} = \text{PPC} + \text{Engineering and Construction}$$

$$= \$ 12.373.287 + \$ 2.474.675$$

$$= \$ 14.847.945$$

$$= \text{Rp. } 213.810.406.466$$

k) *Contractor's fee*

Biasanya berkisar antara 4 % sampai 10% dari nilai *Direct Plant Cost*.

Pada analisa ini diambil nilai *contractor's fee* sebesar 4% dari nilai DPC.

$$\text{Contractor's fee} = 4\% \text{DPC}$$

$$= 4\% \times \$ 14.847.945$$

$$= \$ 590.918$$

$$= \text{Rp. } 8.552.416.259$$

l) *Contingency*

Nilai dari *contingency* biasanya kurang dari samadengan 10% DPC

$$\text{Contingency} = 10\% \text{DPC}$$

$$= 10\% \times \$ 14.847.945$$

$$= \$ 1.476.888$$

$$= \text{Rp. } 21.267.190.647$$

Tabel. 4.13. Data Fixed Capital Investment (FCI)

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Direct Plant Cost	213.810.406.466	14.847.945
2	Constructor's fee	8.522.416.259	590.918
3	Contingency	21.267.190.647	920.872
TOTAL		242.445.973.372	16.836526

3) Manufacturing Cost

Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan suatu produk (per tahun).

a) *Direct Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran langsung dalam pembuatan suatu pabrik.

a. Raw Material

Tabel. 4.14. Tabel Bahan Baku Pabrik *Mrthyl Acrylate*

No	Bahan Baku	Densitas (kg/m ³)	Kebutuhan (Kg/tahun)	Harga (\$/Kg)	Total Harga (\$/Tahun)
1	Asam Akrilat	426,796	20.435.247,36	1	20.435.247
2	Metanol	307,91	10.882.476	0,49	5.332.413
3	Asam Sulfat	578,10	3.131.433,36	0,20	626.287
TOTAL					26.393.947

Total Raw Material = Rp. 380.072.840.717 /Tahun

= Rp. 1.055.757.891 / Hari

b. Tenaga Kerja

Pekerja yang berhubungan langsung dengan produksi

Total biaya tenaga kerja = total gaji/tahun + labor/tahun

= Rp. 16.704.000.000 + Rp. 3.180.000.000

= Rp. 19.884.000.000

= \$ 1.380.833

c. *Supervisor*

Biaya *supervisor* biasanya berkisar antara 10% sampai 25% dari labor *cost*. Pada analisa kali ini diambil biaya *supervisor* sebesar 10% dari labor *cost*.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya } supervisor &= 25\% \text{ Labor} \\
 &= 25\% \times \text{Rp. } 19.884.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 4.971.000.000 \\
 &= \$ 104.500
 \end{aligned}$$

d. *Maintenance*

Biaya *maintenance* biasanya berkisar antara 2% sampai 4% dari *fixed capital investment* (FCI). Pada analisa kali ini diambil biaya *maintenance* sebesar 2% dari *fixed capital*.

$$\begin{aligned}
 \text{Maintenance} &= 2\% \text{ FCI} \\
 &= 2\% \times \text{Rp. } 242.445.973.372 \\
 &= \text{Rp. } 9.697.838.935 \\
 &= \$ 673.461
 \end{aligned}$$

e. *Plant Supplies*

Biasanya nilai *plant supplies* sebesar 15% dari biaya *maintenance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Plant Supplies} &= 15\% \text{ Maintenance} \\
 &= 15\% \times \text{Rp. } 9.697.838.935 \\
 &= \text{Rp. } 1.454.675.840 \\
 &= \$ 101.019
 \end{aligned}$$

f. *Royalties and Patents*

Nilai dari royalti dan paten biasanya berkisar antara 1 sampai 5 %.

Rincian penjualan produk *Methyl Acrylate* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi} &= 24.000.000 \text{ kg/tahun} \\
 \text{Harga} &= \$ 2 / \text{Kg}
 \end{aligned}$$

Total harga = \$ 48.000.000 /tahun
 = Rp. 691.200.000.000 /tahun

Royalties & patents = 1% harga penjualan
 = 1% x Rp. 691.200.000.000
 = Rp 6.912.000.000
 = \$ 480.000

g. Utilitas

Biaya kebutuhan utilitas = Rp. 19.417.480.360
 = \$ 1.348.436

Tabel. 4.15. Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw material	380.072.840.717	26.393.947
2	Labor	19.884.000.000	1.380.833
3	Supervision	4.971.000.000	345.208
4	Manitenance	9.697.838.935	673.461
5	Plant supplies	1.454.675.840	101.019
6	Royalty and patents	34.560.000.000	2.400.000
7	Utilitas	19.417.480.360	1.348.436
Total DMC		470.057.835.852	32.642.905

b) Indirect Manufacturing Cost

Merupakan pengeluaran tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

a. *Payroll Overhead*

Pengeluaran perusahaan untuk pensiunan, liburan yang dibayar perusahaan, asuransi, cacat jasmani akibat kerja, keamanan, dan

sebagainya. Besarnya *payroll overhead* ini biasanya berkisar antara 15 sampai 20% *labor cost*.

$$\begin{aligned}
 \textit{Payroll overhead} &= 15\% \text{Labor} \\
 &= 15\% \times \text{Rp. } 19.884.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 2.982.600 \\
 &= \$ 207.125
 \end{aligned}$$

b. *Laboratory*

Laboratory dibutuhkan untuk menjamin *quality control*, karenanya biaya tergantung dari produk yang dihasilkan. Nilai *laboratory* biasanya berkisar antara 10 sampai 20% *labor cost*.

$$\begin{aligned}
 \textit{Laboratory} &= 10\% \text{Labor} \\
 &= 10\% \times \text{Rp. } 19.884.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 1.988.400 \\
 &= \$ 138.083
 \end{aligned}$$

c. *Plant Overhead*

Biaya untuk *service* yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi. Termasuk didalamnya adalah biaya kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian (*purchasing*), pergudangan, dan *engineering*. Biaya *plant overhead* biasanya berkisar antara 50 sampai 100% *labor cost*.

$$\begin{aligned}
 \textit{Plant overhead} &= 50\% \text{Labor} \\
 &= 50\% \times \text{Rp. } 19.884.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 9.942.000.000
 \end{aligned}$$

$$= \$ 690.417$$

d. *Packaging and Shipping*

Biayanya sebesar 5% dari harga penjualan produknya. Biaya *container* untuk *packaging* tergantung dari sifat-sifat dan chemis produk juga nilainya.

$$\begin{aligned} \text{Packaging and Shipping} &= 5\% \text{ Sales Price} \\ &= 5\% \times \text{Rp. } 691.200.000.000 \\ &= \text{Rp. } 34.560.000.000 \\ &= \$ 2.400.000 \end{aligned}$$

Tabel. 4.16. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll overhead</i>	2.982.600.000	207.125
2	<i>Laboratory</i>	1.988.400.000	138.083
3	<i>Plant overhead</i>	9.942.000.000	690.417
4	<i>Packaging and shipping</i>	34.560.000.000	2.400.000
Total IMC		49.473.000.000	3.435.625

c) *Fixed Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan *initial fixed capital investment* dan harganya tetap tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

a. *Depreciation*

Nilainya berkisar antara 8 sampai 10% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned} \text{Depreciation} &= 10\% \text{ FCI} \\ &= 10\% \times \text{Rp. } 242.445.973.372 \end{aligned}$$

= Rp. 24.244.597.337

= \$ 1.683.653

b. Property Taxes

Nilainya berkisar antara 1 sampai 2% dari nilai FCI.

Property Taxes = 2% FCI

= 1% x Rp. 242.445.973.372

= Rp. 2.424.459.734

= \$ 168.365

c. Insurance

Nilai *Insurance* biasanya 1% dari nilai FCI.

Insurance = 1% FCI

= 1% x Rp. 242.445.973.372

= Rp. 2.424.459.734

= \$ 168.365

Tabel. 4.17. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	24.244.597.337	1.683.653
2	<i>Property taxes</i>	2.424.459.734	168.365
3	<i>Insurance</i>	2.424.459.734	168.365
Total FMC		29.093.516.085	2.020.383

Tabel. 4.18. Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	470.057.835.852	32.642.905
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	49.473.000.000	3.435.625
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	29.093.516.805	2.020.383
Total Manufacturing Cost		548.624.352.657	38.098.913

4) *Working Capital*

a) *Raw Material Inventory*

Persediaan bahan baku untuk kebutuhan produksi selama 7 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Raw material inventory} &= (7/330) \times \text{total raw material} \\
 &= (7/330) \times \text{Rp. } 380.072.840.717 \\
 &= \text{Rp. } 8.062.151.167 \\
 &= \$ 559.872
 \end{aligned}$$

b) *Inprocess Inventory*

Persediaan bahan baku dalam proses untuk satu hari proses dengan harga 50% *manufacturing cost*.

$$\begin{aligned}
 \text{Inprocess Inventory} &= (1/330) \times (50\% \text{ total manufacturing cost}) \\
 &= (1/330) \times (50\% \times \text{Rp. } 548.624.352.657) \\
 &= \text{Rp. } 831.249.019 \\
 &= \$ 57.726
 \end{aligned}$$

c) *Product Inventory*

Biaya penyimpanan produk sebelum dikirim ke konsumen selama 7 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Product Inventory} &= (7/330) \times \text{total manufacturing cost} \\
 &= (7/330) \times \text{Rp. } 548.624.352.657 \\
 &= \text{Rp. } 11.637.486.268 \\
 &= \$ 808.159
 \end{aligned}$$

d) *Extended Credit*

Modal untuk biaya pengiriman produk sampai ke konsumen selama 7 hari.

$$\begin{aligned}
 \textit{Extended Credit} &= (7/330) \times \text{penjualan produk} \\
 &= (7/330) \times \text{Rp. 691.200.000.000} \\
 &= \text{Rp. 14.661.818.182} \\
 &= \$ 1.018.182
 \end{aligned}$$

e) *Available Cash*

Dana untuk pembayaran gaji, jasa, dan material selama 1 bulan.

$$\begin{aligned}
 \textit{Available Cash} &= (30/330) \times \text{total manufacturing cost} \\
 &= (30/330) \times \text{Rp. 548.624.352.657} \\
 &= \text{Rp. 49.874.941.151} \\
 &= \$ 3.463.538
 \end{aligned}$$

Tabel. 4.19. Working Capital (WC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	8.062.151.167	559.872
2	<i>Inprocess Inventory</i>	11.637.486.268	57.726
3	<i>Product Inventory</i>	10.302.926.073	808.159
4	<i>Extended Credit</i>	14.661.818.182	1.018.182
5	<i>Available Cash</i>	49.874.941.151	3.463.538
	Total Working Capital	85.067.645.787	5.907.475

5) *General Expense*

Yaitu macam-macam pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

a) *Administration*

Biaya administrasi penggajian, audit (3-6% MC)

$$\begin{aligned}
 \text{Administration} &= 3\% \text{ manufacturing cost} \\
 &= 3\% \times \text{Rp. } 548.624.352.657 \\
 &= \text{Rp. } 16.458.730.580 \\
 &= \$ 1.142.967
 \end{aligned}$$

b) *Sales Expense*

Penjualan, distribusi, *advertising* (5-22% MC)

$$\begin{aligned}
 \text{Sales Expense} &= 5\% \text{ manufacturing cost} \\
 &= 5\% \times \text{Rp. } 548.624.352.657 \\
 &= \text{Rp. } 27.431.217.633 \\
 &= \$ 1.904.946
 \end{aligned}$$

c) *Research*

Riset atau penelitian dan pengembangan bernilai 3,5% sampai 8% dari *manufacturing cost* karena *industrial chemical*.

$$\begin{aligned}
 \text{Research} &= 3,5\% \text{ manufacturing cost} \\
 &= 3,5\% \times \text{Rp. } 548.624.352.657 \\
 &= \text{Rp. } 19.201.852.343 \\
 &= \$ 1.333.462
 \end{aligned}$$

d) *Finance*

Biaya untuk membayar bunga pinjaman bank atau deviden para pemegang saham, nilainya berkisar antara 2 sampai 4% dari FCI+WCI

$$\text{Finance} = 2\% \times \text{Capital Investment}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2\% \times (\text{Rp. } 242.445.973.372 + \text{Rp. } 85.067.645.787) \\
 &= \text{Rp. } 13.100.544.766 \\
 &= \$ 909.760
 \end{aligned}$$

Tabel. 4.20. General Expense (GE)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	16.458.730.580	1.142.967
2	<i>Sales Expense</i>	27.431.217.633	1.904.946
3	<i>Research</i>	19.201.852.343	1.333.462
4	<i>Finance</i>	13.100.544.766	909.760
Total General Expense		76.192.345.322	5.291.135

Total *production cost* = *manufacturing cost* + *general expense*

$$= \text{Rp. } 548.624.352.657 + \text{Rp. } 76.192.345.322$$

$$= \text{Rp. } 624.816.697.978$$

$$= \$ 43.390.048$$

6) Analisa keuntungan

Pabrik *methyl acrylate* yang didirikan ini merupakan pabrik beresiko rendah. Karena dilihat dari kondisi operasi, sifat-sifat bahan yang digunakan, serta produk samping yang dihasilkan, pabrik *methyl acrylate* ini masuk dalam kategori pabrik beresiko rendah.

$$\text{Total penjualan} = \text{Rp. } 691.200.000.000$$

$$\text{Total } *production cost* = \text{Rp. } 624.816.697.978$$

$$\text{Pajak } 52\% \text{ dari keuntungan} = \text{Rp. } 34.519.317.051$$

$$\text{Keuntungan setelah pajak} = \text{Rp. } 31.863.984.970$$

a) *Return on Investment (ROI)*a. ROI sebelum pajak (*industrial chemical 11-44%*)

$$\begin{aligned} ROI_b &= (\text{keuntungan sebelum pajak} / \text{fixed capital}) \times 100\% \\ &= 27,4\% \end{aligned}$$

b. ROI sesudah pajak

$$\begin{aligned} ROI_a &= (\text{keuntungan sebelum pajak} / \text{fixed capital}) \times 100\% \\ &= 13,15\% \end{aligned}$$

b) *Pay Out Time (POT)*

a. POT sebelum pajak

$$POT_b = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan sebelum pajak} + \text{depresiasi}}$$

$$POT_b = 2,7 \text{ tahun}$$

b. POT sesudah pajak

$$POT_a = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan setelah pajak} + \text{depresiasi}}$$

$$POT_b = 4,3 \text{ tahun}$$

c) *Break Event Point (BEP)*a. *Fixed Cost (Fa)*

Perhitungan *fixed cost* terdiri dari:

$$\text{Depresiasi} = \text{Rp. } 24.244.597.337$$

$$= \$ 1.683.653$$

$$\text{Property Taxes} = \text{Rp. } 2.424.459.734$$

$$= \$ 168.365$$

$$\text{Asuransi} = \text{Rp. } 2.424.459.734$$

= \$ 168.365

Total nilai Fa = Rp. 29.093.516.805

= \$ 2.020.383

b. *Regulated Cost* (Ra)

Perhitungan *regulated cost* terdiri dari:

Gaji karyawan = Rp. 19.884.000.000

= \$ 1.380.833

Payroll overhead = Rp. 2.982.600.000

= \$ 207.615

Supervision = Rp. 4.971.000.000

= \$ 345.208

Plant overhead = Rp. 9.942.000.000

= \$ 690.417

Laboratorium = Rp. 1.988.400.000

= \$ 138.083

General Expense = Rp. 76.192.345.322

= \$ 5.291.135

Maintenance = Rp. 9.697.838.935

= \$ 673.461

Plant Supplies = Rp. 1.454.675.840

= \$ 101.019

Total nilai Ra = Rp. 127.112.860.097

= \$ 8.827.282

c. *Variabel Cost (Va)*

Perhitungan *variabel cost* terdiri dari:

$$\begin{aligned} \text{Raw material} &= \text{Rp. } 380.072.840.717 \\ &= \$ 26.393.947 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Packaging and Shipping} &= \text{Rp. } 34.560.000.000 \\ &= \$ 2.400.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilitas} &= \text{Rp. } 19.417.480.360 \\ &= \$ 1.348.436 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Royalty \& Patent} &= \text{Rp. } 34.560.000.000 \\ &= \$ 2.400.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total nilai Va} &= \text{Rp. } 468.610.321.077 \\ &= \$ 32.542.383 \end{aligned}$$

d. *Sales (Sa)*

$$\text{Biaya sales} = \text{Rp. } 691.200.000.000$$

$$\text{Maka nilai BEP} = 50\%$$

d) *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 29\%$$

e) *Discounted Cash Flow Rate*

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Salvage value} &= \text{depresiasi} \\ &= \text{Rp. } 24.244.597.337 \end{aligned}$$

$$\text{Cash flow} = \text{annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

= Rp. 37.345.142.104

Working capital = Rp. 85.067.645.787

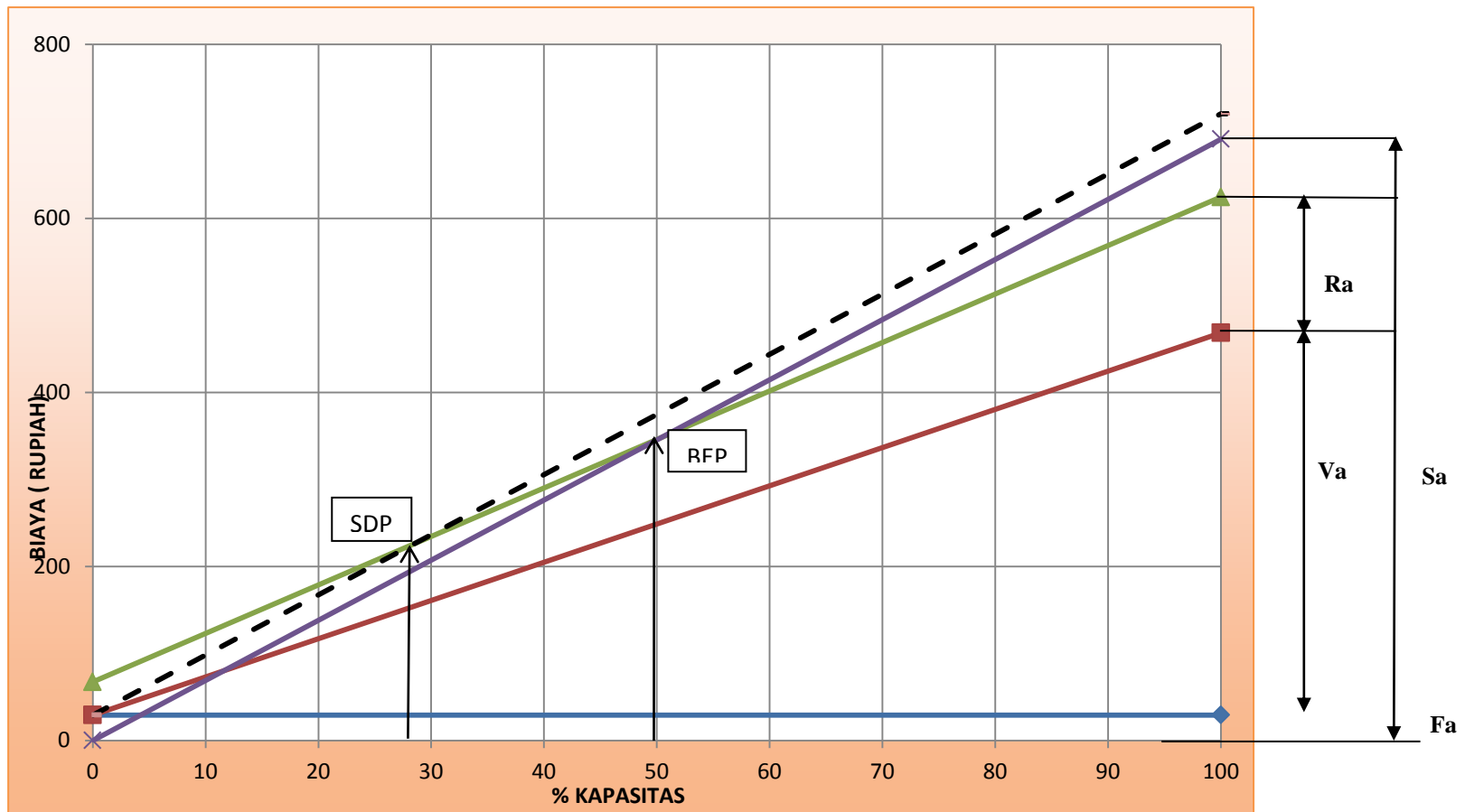
FCI = Rp. 242.445.973.372

Discounted Cash Flow adalah perbandingan besarnya presentase keuntungan yang diperoleh terhadap *capital investment* dibanding dengan tingkat bunga yang berlaku di bank. Nilai dari DCF harus lebih dari 1,5% bunga bank atau DCF bernilai minimum 7,125%. Pada perhitungan ini diperoleh nilai DCF sebesar 8,517%.

Tabel. 4.21. Analisa Kelayakan

No	Kriteria	Terhitung	Syarat
1	<i>Return on Investment</i> - ROI sebelum pajak - ROI setelah pajak	27.38% 13.15%	Minimal 11% untuk pabrik beresiko rendah
2	<i>Pay Out Time</i> - POT sebelum pajak - POT setelah pajak	2,68 4,32	Maksimal 5 tahun untuk pabrik beresiko rendah
3	<i>Break Event Point</i>	50,24%	40 – 60%
4	<i>Shut Down Point</i>	28,54%	
5	<i>Discounted Cash Flow</i>	8,517%	Minimal 7,125%

Dari perhitungan evaluasi ekonomi, maka dapat digambarkan grafik hubungan kapasitas produksi terhadap BEP dan SDP sebagai berikut:



Gambar. 4.5. Grafik Hubungan Kapasitas Produksi terhadap BEP dan SD

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam prarancangan pabrik *Methyl Acrylate* melalui proses esterifikasi asam akrilat dan metanol dengan kapasitas 24.000 ton/tahun dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Pendirian pabrik *Methyl Acrylate* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *Methyl Acrylate* dalam negeri sehingga dapat mengurangi jumlah impor, meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta dapat mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia.
2. Pabrik *Methyl Acrylate* berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten, Jawa Barat di atas tanah seluas 32.775 m² dengan jumlah karyawan 156 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
3. Berdasarkan proses, kondisi operasi, dan sifat-sifat bahan baku pembuatan *Methyl Acrylate* maka pabrik *Methyl Acrylate* tergolong pabrik beresiko tinggi.
4. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi, maka diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a) Keuntungan pabrik sebelum pajak diperoleh sebesar Rp. . 66.383.302.022. Sedangkan keuntungan pabrik setelah pajak diperoleh sebesar Rp. 31.863.984.970

- b) Nilai ROI sebelum pajak sebesar 27,34% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 13,15%. Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia beresiko rendah harga ROI sebelum pajak minimum sebesar 11%, sehingga memenuhi syarat.
 - c) *Pay Out Time* sebelum pajak adalah 2,68 tahun dan sesudah pajak adalah 4,33 tahun. Nilai ini berada dibawah POT maksimum yang besarnya 5 tahun untuk pabrik beresiko tinggi.
 - d) Diperoleh nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 50,24%. Untuk pabrik di Indonesia nilai BEP sekitar 40% sampai 60%.
 - e) Diperoleh nilai *shut down point* (SDP) sebesar 28,39%
 - f) Nilai *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) diperoleh sebesar 15,37%.
5. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi diatas maka pabrik *Methyl Acrylate* melalui proses esterifikasi asam akrilat dan metanol dengan kapasitas 24.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

Dalam prarancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman tentang konsep-konsep dasar yang dapat memudahkan dalam hal perancangannya. Misalnya, pemilihan alat proses, atau alat penunjang, bahan baku, kondisi operasi, dan lain-lain. Selain itu juga harus melakukan pencarian data-data yang diperlukan sebelum membangun suatu pabrik kimia

sehingga dengan informasi dan data-data yang lengkap dapat mempermudah suatu prarancangan pabrik kimia.

DAFTAR PUSTAKA

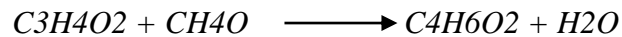
- Aries,R.S., and Newton,R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", Mc.Graw Hill Book Co., New York.
- BPS, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia", BPS, Yogyakarta
- Branan, C.R., 1994 *Rules of Thumb for Chemical Engineering*, Gulf Publishing Company, Texas
- Brown,G.G., 1950 "Unit Operation", Modern Asia Editions, New York.
- Brownell,L.E., and Young,E.H., 1959,"Process Equipment Design", Wiley Eastern Ltd.,New Delhi.
- Coulson,J.M., and Richardson,J.F., 1983, "Chemical Engineering", vol.6., 1st ed.,Pergamon Press.,Oxford.
- Fesseden,R.J., dan Fesseden., 1986 Kimia Orgaik,Erlangga,Jakarta
- Harga Alat,www.matche.com, 21 juni 2018
- Harga Bahan,www.indonesian.alibaban.com 14 juli 2018
- Kern,D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", Mc.Graw Hill International Book Co., Tokyo.
- Patent,*United States Patent 3.875.212*, 1 April 1975
- Perry,R.H., and Chilton,C.H., 1999, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 7th ed., Mc.Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Peters,M.S., and Timmerhouse,K.D., 1981, "Plant Design and Economics Chemical Engineers", 3rd ed., Mc.Graw Hill Book Co., New York.
- Yaws,C.L., 1999, "*Chemical Properties Handbook*", Mcgraw Hill Company, Inc., New York.

LAMPIRAN

PERANCANGAN REAKTOR (R-01)

- Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*
- Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara asam akrilat dan metanol dengan bantuan katalis asam sulfat
- Kondisi Operasi :
- Suhu : 55°C
 - Tekanan : 1 atm
 - Konversi : 98%
 - Waktu tinggal : 70 menit (diperoleh dari patent).

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor :



1. Dasar Pemilihan Jenis Reaktor

Dipilih CSTR dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Fase reaksi cair-cair dan prosesnya kontinyu
- b. Pada reaktor alir tangki berpengaduk suhu dan komposisi campuran dalam reaktor selalu seragam. Hal ini memungkinkan melakukan suatu proses isothermal dalam reaktor CSTR.
- c. Pada reaktor alir tangki berpengaduk karena volume reaktor relatif besar dibandingkan dengan reaktor alir pipa, maka waktu tinggal juga besar, berarti zat pereaksi dapat lebih lama bereaksi didalam reaktor.

2. Dasar Pemilihan Jacket Pendingin

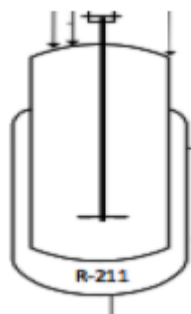
Luas area transfer panas reaktor lebih kecil dibandingkan dengan luas selimut reaktor.

3. Dasar Pemilihan Pengaduk

Menentukan jenis pengaduk dilihat berdasarkan nilai viskositas cairan yang diaduk dan volume cairan yang diaduk. Sehingga dipilih pengaduk tipe *marine propeller with 3 blades and pitch 2Di* dengan pertimbangan sebagai berikut:

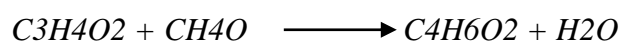
- a. Cocok untuk mempercepat terjadinya perpindahan massa dan panas dalam bentuk larutan pada sistem yang saling larut, karena pola aliran yang dihasilkan adalah radial.
- b. Cocok untuk cairan dengan viskositas mencapai 4000 cP
- c. Cocok untuk volume fluida sampe dengan 2000 gallon.

4. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-01)



Gambar A.1. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Reaksi di dalam reaktor:



Tabel 1. Komposisi dengan Perhitungan Kapasitas Reaktor

Umpan Masuk:

komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam
C ₃ H ₄ O ₂	72,06	2580,208	35,806
H ₂ O (impuritis)	18,01	26,063	1,4471
CH ₄ O	32,04	1374,055	42,886
H ₂ O (impuritis)	18,01	28,042	2,557
H ₂ SO ₄	98,08	39,493	0,403
H ₂ O (impuritis)	18,01	0,806	0,045

Umpan Recycle

komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam
C ₃ H ₄ O ₂	72,06	47,295	0,656
H ₂ SO ₄	98,08	355,44	3,624
H ₄ H ₆ O ₂	86,09	914,625	50,784

Total umpan masuk dan *recycle* adalah 5366,027 kg/jam

Umpan Keluar:

komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam
C ₃ H ₄ O ₂	72,06	52,550	0,729
CH ₄ O	32,04	119,155	7,152
H ₂ SO ₄	98,08	394,934	4,027
C ₄ H ₆ O ₂	86,09	3076,293	35,733
H ₂ O	18,01	1613,095	89,567

Total umpan keluar = 5366,027 kg/jam

5. Menghitung Densitas dan Kecepatan laju Alir Volumetrik

$$\text{Suhu} = 55^{\circ}\text{C}$$

$$= 328 \text{ K}$$

Data denstitas *liquid* diperoleh dari Table 8-1 dan 8-2, Yaws.

$$\rho = A \cdot B^{-(1-T/T_c)^n}$$

Tabel A.2. Perhitungan Densitas *Liquid*

Komponen	A	B	n	Tc	ρ (kg/m ³)
C ₃ H ₄ O ₂	0,34565	0,25822	0,30701	615	10092,1889

CH ₄ O	0,27197	0,27192	0,23310	512,58	759,0307
H ₂ SO ₄	0,42169	0,19356	0,28570	925	1796,0256
H ₂ O	0,34710	0,274	0,28571	647,13	999,7097

komponen	Massa (kg/jam)	Fraaksi massa (xi)	ρ (kg/m ³)	ρ .xi
C ₃ H ₄ O ₂	2627,5031	0,4947	10092,1889	499,2636
CH ₄ O	1374,0550	0,2587	759,0307	196,3711
H ₂ SO ₄	394,9336	0,0744	1796,0256	133,5521
H ₂ O	914,6250	0,1722	999,7097	172,1596
Total	5311,1166	1		1001,3464

Densitas campuran = 1001,3464 kg/m³

$$volume\ cairan = waktu\ tinggal \times \frac{massa}{\rho}$$

$$volume\ cairan = 1,17\ jam \times \frac{5311,1166\ kg\ jam}{1001,3464\ kg\ m^3}$$

$$volume\ cairan = 6,1880\ m^3$$

6. Menghitung Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor ini dengan memilih *over design* sebesar 20%, sehingga

volume reaktor menjadi:

$$volume\ alat = 1,2\ volume\ cairan$$

$$volume\ alat = 1,2 \times 6,1880$$

$$volume\ alat = 7,4256\ m^3 = 262,2314\ ft^3$$

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak, maka:

$$V = vol.\ silinder + vol.\ tutup$$

$$V = vol.\ silinder + vol.\ head$$

Dipilih tutup berbentuk *torispherical dished head*

Dengan persamaan volume head (persamaan 5.11, Brownell) sebagai berikut:

$$V_h = 0,000049D^3$$

Sehingga persamaannya menjadi:

$$V = \frac{1}{4}\pi D^2 H + 0,000049 \cdot D^3$$

Perancangan ini memilih $H = 2D$

$$V = \frac{1}{4}\pi D^2 H + 0,000049 \cdot D^3$$

$$262,2314 = D^3 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3,124 + 0,000049$$

$$262,2314 = D^3 \cdot 1,57$$

$$D^3 = 167,0211$$

$$D = 5,5071 \text{ ft} = 66,0853 \text{ in} = 1,6786 \text{ m}$$

$$H = 2 \cdot D$$

$$H = 2 \cdot 5,5071 \text{ ft}$$

$$H = 11,0142 \text{ ft} = 132,1707 \text{ in} = 3,3571 \text{ m}$$

7. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Digunakan persamaan dari persamaan 13.1 (Brownell and Young, 1959)

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6P)} + C$$

Keterangan:

T_s : tebal *shell*

P : tekanan

R : jari-jari

E : efisiensi pengelasan

C : faktor koreksi

F : tegangan yang diijinkan (tabel 13.2, Coulson 4ed)

Mencari Tekanan Hidrostatik

$$vol. \text{ cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$6,1880 = h_{\text{cairan}} \times 2,2118$$

$$h_{\text{cairan}} = 2,7977 \text{ m}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times g \times h_{\text{cairan}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 27454,3696 \text{ N m}^2$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 3,9819 \text{ psia}$$

Pertimbangan: cairan dalam reaktor mengandung asam.

Dari tabel 23-3 Perry, dipilih bahan konstruksi *Stainless Steel 316 AISI*

(18Cr, 12Ni, 2.5Mo) dan diperoleh data-data sebagai berikut:

- Allowable stress (f) = 18847,948 psia
- Sambungan yang dipilih = *double welded butt joint*
- Efisiensi sambungan (E) = 80%
- Corrosion allowance (C) = 0,125 in
- Jari-jari reaktor (ri) = 33,0427 in
- Tekanan (P) =

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

$$P = 14,7 + 3,9819 = 18,6819 \text{ psia}$$

Menghitung Tebal Shell

$$t_s = \frac{P \times r}{(f \times E - 0,6P)} + C$$

$$t_s = \frac{18,6819 \times 33,0427}{18847,948 \times 0,8 - 0,6 \times 18,6819} + 0,125$$

$$t_s = 0,1660 \text{ in}$$

Sehingga berdasarkan tabel 5.7 Brownell and Young digunakan ketebalan *shell* standar sebesar 0,1875 in.

$$\text{ID shell} = 66,0853 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{OD shell} &= \text{ID} + 2t \\ &= 66,0853 + (2 \times 0,1875) \\ &= 66,4603 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 (Brownell, 1959), untuk OD standar dipilih yang terdekat yaitu:

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 72 \text{ in} \\ &= 1,8288 \text{ m} \end{aligned}$$

Standarisasi dari tabel 5.7 Brownell and Young diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{icr} &= 4,375 \text{ in} \\ \text{rc} &= 72 \text{ in} \\ \text{ID} &= \text{OD} - 2t \\ &= 72 - (2 \times 0,1875) \\ &= 71,6250 \text{ in} \\ &= 1,8193 \text{ m} \\ &= 5,9688 \text{ ft} \\ \text{H} &= 2 \times \text{D} \\ &= 2 \times 71,6250 \\ &= 143,25 \text{ in} \\ &= 3,6386 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 11,9375 \text{ ft}$$

8. Perancangan Dimensi *Head*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis *head* meliputi:

1. *Flanged and Standard Dished Head*

Umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil

2. *Torispherical Flanged and Dished Head*

Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis

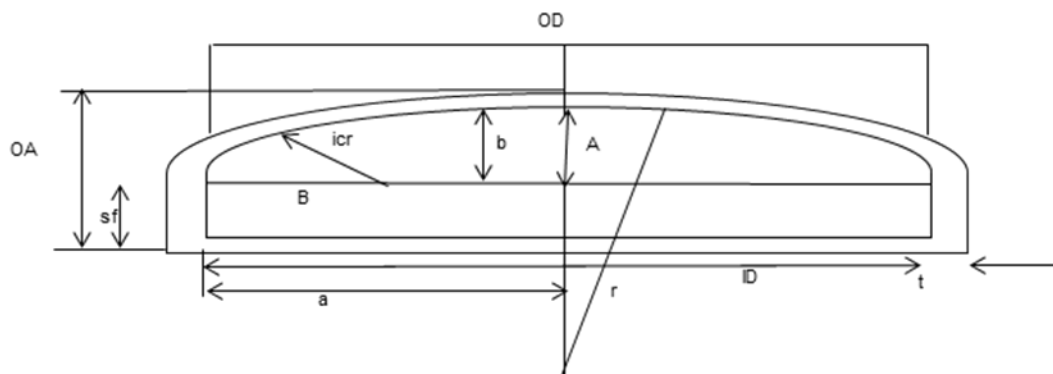
3. *Elliptical Dished head*

Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal

4. *Hemispherical Head*

Digunakan untuk tekanan operasi yang sangat tinggi, struktur kuat, dan ukuran yang tersedia sangat terbatas.

Dari pertimbangan-pertimbangan diatas dan tekanan operasi perancangan yang dibuat, maka dipilih bentuk *torispherical flanged and dished head*.



Gambar A.2. Tinggi *Head*

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2 \times fE - 0,2P} + C$$

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \frac{72}{4,375} \right)$$

$$W = 1,7645$$

$$t_h = \frac{18,6819 \times 72 \times 1,7645}{2 \times 18847,948 \times 0,8 - 0,2 \times 18,6819} + 0,125$$

$$t_h = 0,2037 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell and Young, dipilih t_h standar $\frac{1}{4}$ in (0,25 in).

Berdasarkan tabel 5.8 Brownell and Young dipilih nilai sf sebesar 3 in (0,0762m).

$$ID = OD - 2t_h$$

$$= 72 - 2(0,25)$$

$$= 71,5 \text{ in}$$

$$= 1,8161 \text{ m}$$

$$a = ID/2$$

$$= 71,5/2$$

$$= 35,75 \text{ in}$$

$$AB = a - irc$$

$$= 35,75 - 4,374$$

$$= 31,375 \text{ in}$$

$$BC = rc - irc$$

$$= 72 - 4,375$$

$$= 67,625 \text{ in}$$

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

$$AC = \sqrt{67,625^2 - (31,375)^2}$$

$$AC = 59,9062 \text{ in}$$

$$b = rc - AC$$

$$= 72 - 59,9062$$

$$= 12,0938 \text{ in} = 0,3072 \text{ m}$$

$$AO = sf + b + th$$

$$= 3 + 12,0938 + 0,25$$

$$= 15,3438 \text{ in} = 0,3897 \text{ m}$$

Volume *head* total (V_{head}) = vol.*head* (v_h) + vol.*flange* (v_{sf})

Volume sebuah *head* untuk *Torispherical dished head* adalah:

$$V_h = 0,000049ID^3$$

$$V_h = 0,000049 \times 71,5^3$$

$$V_h = 17,9108 \text{ ft}^3 = 0,5072 \text{ m}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \times s_f$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times 1,8161^2 \times 0,0762$$

$$V_{sf} = 0,1973 \text{ m}^3$$

Sehingga volume *head* total adalah:

$$V_{head} = V_h + V_{sf}$$

$$V_{head} = 0,5072 + 0,1973 = 0,7045 \text{ m}^3$$

Kemudian menghitung luas permukaan cairan (A_t):

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

$$A_t = \frac{\pi}{4} \times 1,8193^2$$

$$A_t = 2,5982 \text{ m}^2$$

Tinggi cairan dalam *shell* dapat dihitung dengan cara:

$$h_s = \frac{V_{\text{cairan dalam shell}}}{A_t}$$

$$h_s = \frac{5,4835}{2,5982}$$

$$h_s = 2,1105 \text{ m} = 83,0917 \text{ in}$$

Sehingga tinggi cairan total dalam reaktor sebelum ada koil adalah:

$$h_{total} = h_{shell} + b + s_f$$

$$h_{total} = 2,1105 + 0,3072 + 0,0762$$

$$h_{total} = 2,49 \text{ m} = 98,19 \text{ in}$$

9. Menentukan Luas Muka Reaktor

Luas muka reaktor untuk tebal *head* < 1 in, digunakan persamaan 5.12

Brownell and Young, sebagai berikut:

$$D_e = OD + \frac{OD}{42} + 2s_f + \frac{2}{3}icr$$

$$D_e = 72 + \frac{72}{42} + 2(3) + \frac{2}{3}(4,375)$$

$$D_e = 82,6310 \text{ in}$$

$$A_{total} = A_{shell} + 2A_{tiap \text{ head}}$$

$$A_{total} = \pi DH + 2 \frac{\pi}{4} D_e^2$$

$$A_{total} = \pi 71,625 \times 143,25 + 2 \frac{\pi}{4} 82,6310^2$$

$$A_{total} = 42937,0458 \text{ in}^2 = 27,7013 \text{ m}^2$$

10. Menghitung Spesifikasi Pengaduk

a. Menghitung Viskositas

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 55^\circ\text{C}$$

$$= 328 \text{ K}$$

$$\log \mu = A + \frac{B}{T} + CT + DT^2$$

Tabel A.2. Perhitungan viskositas

Komponen	A	B	C	D	$\mu(\text{cP})$
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-15,9215	2440,8	0,034383	$-2,7677 \times 10^{-5}$	0,66
CH_4O	-9,0562	1254,2	0,022383	$-2,3538 \times 10^{-5}$	0,38
H_2SO_4	-18,7045	3496,2	0,033080	$-1,7018 \times 10^{-5}$	9,42
H_2O	-10,2158	1792,5	0,017730	$-1,2631 \times 10^{-5}$	0,51

Komponen	Massa	Kmol	x	$\mu(\text{cP})$	$\mu \cdot x(\text{cP})$
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	2627,5031	36,4627	0,2718	0,66	0,1796
CH_4O	1374,0550	42,8856	0,3197	0,38	0,1207
H_2SO_4	394,9336	4,0266	0,0300	9,42	0,2827
H_2O	914,6250	50,7843	0,3785	0,51	0,1922
Total	5311,116	134,1593	1		0,7752

$$\mu = 0,7752 \text{ cP}$$

$$\mu = 5,2088 \times 10^{-4} \text{ lb/ft.s}$$

dipilih pengaduk jenis *marine propeller with 3 blades and pitch 2Di*.

Perancangan untuk pengadukan dilakukan dengan prinsip similaritas

menggunakan model sesuai dengan referensi buku Brown pada fig. 477

kurva nomor 15 halaman 507 dan tabelnya, diperoleh data sebagai berikut:

$$D_t / D_i = 3$$

$$Z_L / D_i = 3,9$$

$$Z_i D_i = 1,3$$

b. Diameter Pengaduk (D_i)

$$D_i = \frac{D_t}{3}$$

$$D_i = \frac{71,6250}{3}$$

$$D_i = 23,8750 \text{ in} = 0,6064 \text{ m} = 1,9896 \text{ ft}$$

c. Tinggi Cairan dalam Pengadukan (Z_l)

$$Z_l = D_i \times 3,9$$

$$Z_l = 23,8750 \times 3,9$$

$$Z_l = 93,1125 \text{ in} = 2,3615 \text{ m} = 7,7594 \text{ ft}$$

d. Jarak Pengaduk dari Dasar Tangki (Z_i)

$$Z_i = D_i \times 1,3$$

$$Z_i = 23,8750 \times 1,3$$

$$Z_i = 31,0375 \text{ in} = 0,7884 \text{ m} = 2,5865 \text{ ft}$$

11. Menghitung Jumlah Pengaduk

Menghitung jumlah pengaduk (sesuai referensi Wallas halaman 288).

Rasio tinggi permukaan cairan dan diameter tangki:

$$\frac{H}{D} = \frac{2,7977}{2} = 1,6784$$

Berdasarkan referensi Wallas jumlah pengaduk yang dipakai adalah 1 buah.

12. Trial Nilai rpm (N)

Pada reaksi dengan transfer panas nilai $H_p/1000$ gallon = 1,5 – 5 dan

kecepatan pengaduk (πDN) = 10 – 15 ft/s.

Dipilih πDN = 18,2 ft/s

$$N = \frac{18,2}{\pi D}$$

$$N = \frac{18,2}{\pi 1,9896}$$

$$N = 2,9137/s = 174,8236/menit$$

13. Menghitung Nilai Reynold

$$Re = \frac{\rho N D_i^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{62,5121 \times 2,9137 \times 1,9896^2}{5,2088 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 1384195,87$$

14. Power Number (Po)

Power number yang didapat dari fig.477 Brown adalah sebesar 0,9

$$P = \frac{N^3 \times D_i^5 \times \rho \times P_o}{gc}$$

$$P = \frac{2,9137^3 \times 1,9896^5 \times 62,5121 \times 0,9}{32,174}$$

$$P = 1348,5221 \text{ lb. ft/s}$$

$$P = 2,4519 \text{ hp}$$

Diambil Hp/1000 gallon = 1,5

$$Hp = \frac{2Hp}{1000 \text{ gallon}} \times \text{volume cairan}$$

$$Hp = \frac{1,5}{1000} \times 1634,6888$$

$$Hp = 2,4520 \text{ Hp}$$

15. Perancangan Jaket Pendingin

a. Menghitung Luas Selimut

$$L_{selimut} = \pi \times D_o \times H$$

$$L_{selimut} = \pi \times 6 \times 11,9375$$

$$L_{selimut} = 224,9025 \text{ ft}^2$$

Diketahui:

$$Q_{pendinginan} = 300.456,17 \text{ kj jam} = 284.832,45 \text{ btu jam}$$

b. Menentukan Suhu LMTD

Hot fluid (heavy organic)

$$T_{in} = 55 \text{ }^\circ\text{C} = 328 \text{ K} = 131 \text{ F}$$

$$T_{out} = 55 \text{ }^\circ\text{C} = 328 \text{ K} = 131 \text{ F}$$

Cold fluid (water)

$$T_{in} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K} = 86 \text{ F}$$

$$T_{out} = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 318 \text{ K} = 113 \text{ F}$$

Fluida panas $^\circ\text{F}$		Fluida dingin $^\circ\text{F}$	Δt
131	Higher Temp	113	18
131	Lower Temp	86	45

Rumus menentukan suhu LMTD :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{18 - 45}{\ln \frac{18}{45}} = 29,4666 \text{ }^\circ\text{F}$$

c. Menghitung Luas Transfer Panas

$$A = \frac{Q}{U_d \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

Diambil harga U_d sebesar 50 btu/ft².F.jam, karena untuk fluida panas *medium organic* dan fluida dingin air nilai U_d berkisar antara 50 sampai 125 btu/ft².F.jam. Maka diperoleh nilai luas transfer panas sebesar:

$$A = \frac{284.832,45}{50 \times 29,4666}$$

$$A = 193,33 \text{ ft}^2$$

Luas selimut > A terhitung, maka luas selimut dapat mencukupi sebagai luas transfer panas sehingga digunakan jaket pendingin.

d. Kebutuhan Medium Pendingin (w_c)

$$Q_c = Q_h$$

$$Q_c = w_c \times C_{p_c} \times \Delta T_c$$

$$w_c = \frac{Q_c}{C_{p_c} \times \Delta T_c}$$

$$w_c = \frac{300.456,17}{1.371,12}$$

$$w_c = 219,13 \text{ kmol jam} = 3.945,56 \text{ kg jam}$$

Menghitung kecepatan volumetrik air:

$$Q_v = \frac{m_{air}}{\rho_{air}}$$

$$Q_v = \frac{3.946,56}{0,6991} = 5.645,02 \text{ m}^2 \text{ jam}$$

$$V_{air} = \frac{m}{\rho} \times \theta$$

$$V_{air} = 4,53 \text{ m}^3$$

$$V_{jaket} = 1,2 \times V_{air}$$

$$V_{jaket} = 1,2 \times 4,53$$

$$V_{jaket} = 5,44 \text{ m}^3$$

e. Menentukan Dimensi Jacket Pendingin

Tinggi jacket bernilai 20% dari tinggi cairan dalam shell. Jadi tinggi jacket bernilai 2,9927 m. Sedangkan diameter jacket dapat dicari melalui persamaan:

$$V_{jaket} = V_2 - V_1$$

$$V_{jaket} = \frac{\pi}{4} x Dj^2 \times H_{cairan} + 0,000049 Dj^3 - \frac{\pi}{4} x Dt^2 \times H_{cairan} + 0,000049 Dt^3$$

Diameter jacket harus bernilai 20% dari nilai diameter reaktor dengan cara trial dan error pada persamaan V_2 . Hasil trial diameter jacket diperoleh sebesar 2,0143 m. Kemudian mencari nilai V_2 sebagai berikut:

$$V_2 = \frac{\pi}{4} x Dj^2 \times H_{cairan} + 0,000049 Dj^3$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} x 2,0143^2 \times 2,1105 + 0,000049 \times 2,0143^3$$

$$V_2 = 8,0666 + 0,004$$

$$V_2 = 8,0706 \text{ m}^3$$

Mencari nilai V_1 sebagai berikut:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} x Dt^2 \times H_{cairan} + 0,000049 Dt^3$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} x 1,6786^2 \times 2,1105 + 0,000049 \times 1,6786^3$$

$$V_1 = 4,6704 \text{ m}^3$$

Maka volume jacket:

$$V_{jaket} = V_2 - V_1$$

$$V_{jaket} = 8,0706 \text{ m}^3 - 4,6704 \text{ m}^3$$

$$V_{jaket} = 5,4377 \text{ m}^3$$