

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL
KAPASITAS 22.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Bambang Kuncoro

Nama : Mishella Januariska

NIM : 16521229

NIM : 16521255

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM
AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 22.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Bambang Kuncoro

Nama : Mishella Januariska

NIM : 16521229

NIM : 16521255

Yogyakarta, 02 April 2021

Pembimbing I,

Pembimbing II

Dr. Suharno Rusdi

Dr. Diana, S.T, M.Sc

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 22.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bambang Kuncoro

Nama : Mishella Januariska

No. Mahasiswa : 16521229

No. Mahasiswa : 16521255

Yogyakarta, 02 April 2021

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.



Bambang Kuncoro



Mishella Januariska

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA *METHYL ACRYLATE* DENGAN
PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL
KAPASITAS 22.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Bambang Kuncoro

Nama : Mishella Januariska

No. Mhs : 16521229

No. Mhs: 16521255

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia, Konsentrasi Teknik Kimia,
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 06 Juli 2021

Tim Penguji

Dr. Suharno Rusdi

()

Ketua Penguji

Penguji I

Ir. Agus Taufiq, M.Sc.

()

Penguji II

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

()

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ketua Program Studi



Dr. Suharno Rusdi

NIK. 845210102

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 22.000 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. Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia FTI UII yang selama kuliah di Jurusan Teknik Kimia ini telah membimbing kami dengan sabar.
3. Dr. Suharno Rusdi sebagai pembimbing pertama yang selalu memberikan arahan dan bimbingan kepada kami selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Dr. Diana, S.T., M.Sc sebagai pembimbing kedua yang dengan sabar dan selalu menyempatkan waktunya untuk membimbing kami dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Jurusan Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
6. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2016 yang telah mendukung dan memberikan semangat dan telah berjuang bersama-sama selama ini.
7. 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, 02 April 2021



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	Error! Bookmark not defined.
Kata Pengantar	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
ABSTRAK	1
ABSTRACT.....	2
BAB I.....	3
PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Kapasitas Perancangan	4
1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	7
1.4 Tinjauan Pustaka	7
1.4.1 Pemilihan Proses	7
1.4.2 Kegunaan Produk.....	11
BAB II.....	13
PERANCANGAN PRODUK.....	13
2.1 Spesifikasi Produk	13
2.2 Spesifikasi Bahan Baku	14
2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu.....	16
2.4 Pengendalian Kualitas	17
BAB III.....	19
PERANCANGAN PROSES.....	19
3.1 Uraian Proses	19
3.1.1 Dasar Reaksi.....	19
3.1.2 Mekanisme Reaksi	19
3.1.3 Sifat Reaksi.....	20
3.2 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses.....	23

3.2.1	Diagram Alir Proses.....	23
3.2.2	Tahapan Proses	26
3.2.3	Neraca Massa dan Neraca Panas.....	27
3.2.4	Neraca Massa.....	27
3.3	Spesifikasi Alat/Mesin Produk.....	37
3.3.1	Reaktor 1.....	37
3.3.2	Reaktor 2.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Decanter	38
3.3.4	Menara Distilasi 01	39
3.3.5	Menara Distilasi 02	40
3.3.6	Filter	41
3.3.7	Condensor 01	41
3.3.8	Condensor 02	42
3.3.9	Reboiler 01	43
3.3.10	Reboiler 02.....	44
3.3.11	Tangki Penyimpanan.....	46
3.3.12	Heat exchanger.....	50
3.3.13	Pompa.....	59
3.3.14	Blower	65
3.4	Perencanaan Produksi.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	.....	66
PERANCANGAN PABRIK.....		66
4.1	Lokasi Pabrik.....	66
4.2	Tata Letak Pabrik.....	69
4.3	Tata Letak Alat	75
4.4	Perawatan (Maintenance)	77
4.5	Utilitas	79
4.5.1	Unit Pengadaan Air	80
4.5.2	Unit Penyediaan Steam.....	89
4.5.3	Unit Penyediaan Listrik.....	89
4.5.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar	90

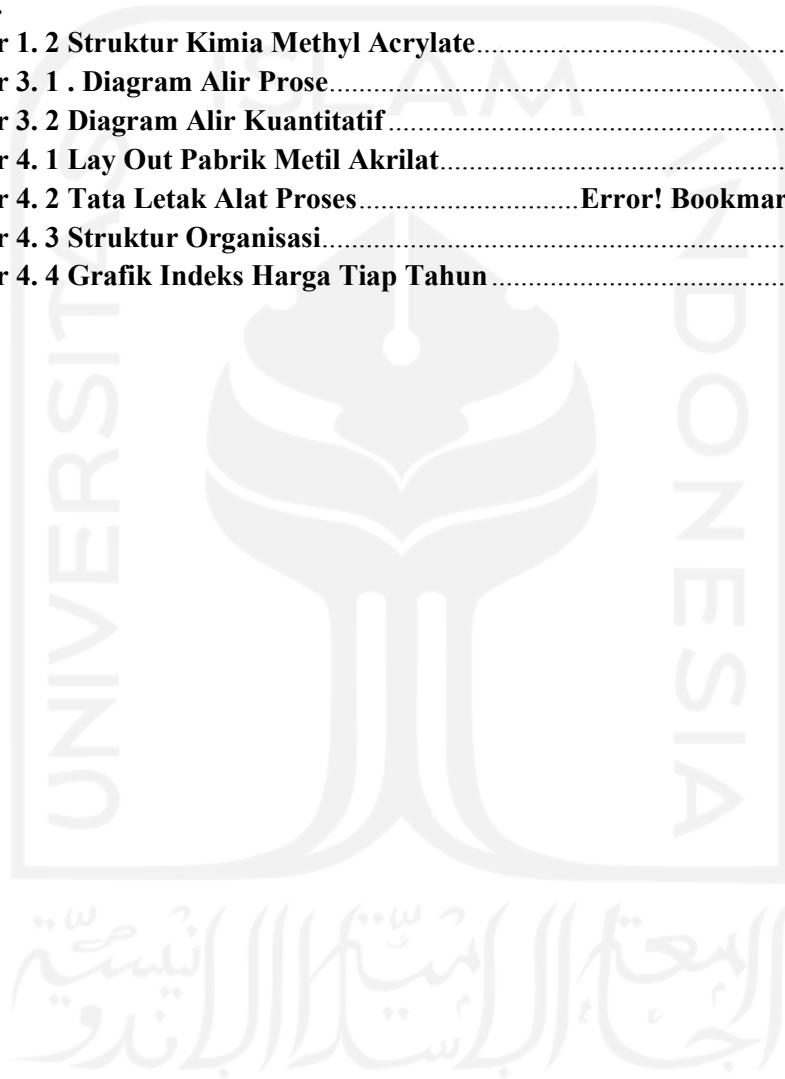
4.5.6	Unit Penyedia Udara Tekan.....	91
4.5.7	Spesifikasi Alat-Alat Utilitas.....	91
4.6	Laboratorium.....	107
4.6.1	Program Kerja Laboratorium.....	108
4.6.2	Prosedur Analisa Produk.....	109
4.6.3	Unit Pengolahan Limbah.....	110
4.7	Organisasi Perusahaan.....	111
4.7.1	Bentuk Perusahaan.....	111
4.7.2	Struktur Organisasi.....	112
4.7.3	Tugas dan Wewenang.....	116
4.7.4	Ketenagakerjaan.....	123
4.7.5	Kesejahteraan Karyawan.....	126
4.7.6	Fasilitas Karyawan.....	128
4.7.7	Manajemen Produksi.....	131
4.7.8	Perencanaan Produksi.....	131
4.7.9	Pengendalian Produksi.....	133
4.8	Evaluasi Ekonomi.....	134
4.8.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	135
4.8.2	Perhitungan Biaya.....	140
4.8.3	Pendapatan Modal.....	141
4.8.4	Analisis Kelayakan.....	142
4.8.5	Perhitungan ekonomi.....	144
BAB V	.....	164
PENUTUP	.....	164
5.1	Kesimpulan.....	164
5.2	Saran.....	165
DAFTAR PUSTAKA	.....	166
LAMPIRAN	.....	167

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kapasitas Produksi Berbagai Pabrik di Dunia	6
Tabel 3. 1 Harga ΔG_0 Masing-masing Komponen	21
Tabel 3. 2 . Harga ΔH_0 Masing-Masing Komponen.....	22
Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor 1.....	27
Tabel 3. 4 Neraca Massa Reaktor 2.....	28
Tabel 3. 5 Neraca Massa Dekanter.....	29
Tabel 3. 6 Neraca Massa Filter	29
Tabel 3. 7 Neraca Massa Pada MD 1	30
Tabel 3. 8 Neraca Massa Pada MD 2	31
Tabel 3. 9 Neraca Panas Pada Reaktor 1.....	32
Tabel 3. 10 Neraca Panas Pada Reaktor 2.....	33
Tabel 3. 11 Neraca Panas Pada Decanter	34
Tabel 3. 12 Neraca Panas Pada Filter	35
Tabel 3. 13 Neraca Panas Pada MD 1	36
Tabel 3. 14 Neraca Panas Pada MD 2	36
Tabel 4. 1 Perician Luas Tanah.....	73
Tabel 4. 2 Kebutuhan Air Pendingin	81
Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Untuk Pembangkit Steam.....	82
Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi.....	83
Tabel 4. 5 Jadwal Pembagian kelompok shift	125
Tabel 4. 6 Perincian Tugas dan Keahlian.....	126
Tabel 4. 7 Jumlah Karyawan Menurut Jabatan	127
Tabel 4. 8 Perincian Golongan dan Gaji Karyawan.....	128
Tabel 4. 9 . Indeks Harga Alat.....	136
Tabel 4. 10 Harga Alat Proses.....	145
Tabel 4. 11 Harga Alat Utilitas	146
Tabel 4. 12 Data Physical Plant Cost (PPC)	150
Tabel 4. 13 Data Fixed Capital Investment (FCI).....	151
Tabel 4. 14 Tabel Bahan Baku Pabrik Mrthyl Acrylate	151
Tabel 4. 15 Direct Manufacturing Cost (DMC)	153
Tabel 4. 16 . Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	155
Tabel 4. 17 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	156
Tabel 4. 18 Manufacturing Cost (MC).....	156
Tabel 4. 19 Working Capital (WC)	157
Tabel 4. 20 General Expense (GE)	158
Tabel 4. 21 . Analisa Kelayakan.....	163

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Methyl Acrylate di Indonesia	Error! Bookmark not defined.
Gambar 1. 2 Struktur Kimia Methyl Acrylate.....	8
Gambar 3. 1 . Diagram Alir Prose.....	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	25
Gambar 4. 1 Lay Out Pabrik Metil Akrilat.....	74
Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Struktur Organisasi.....	115
Gambar 4. 4 Grafik Indeks Harga Tiap Tahun.....	138



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*. 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 80°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 2025, didirikan di atas tanah seluas 37.975 m². Pabrik beroperasi selama 24 jam per hari dan 330 hari per tahun dengan kebutuhan bahan baku asam akrilat sebesar 2348,7034 kg/jam dan metanol sebesar 2490,3596 kg/jam. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 85 orang. Kebutuhan utilitas meliputi air pendingin sebanyak 77.641 kg/jam, air konsumsi umum dan sanitasi sebanyak 11.000 kg/jam dan *makeup boiler* sebanyak 1206,49 kg/jam, bahan bakar sebanyak 2,871 m³/3 hari dan kebutuhan listrik sebesar 367,56 kVA.

Evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 49,44%, sesudah pajak 23,73%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,68 tahun, setelah pajak 3 tahun. *Break Event Point* (BEP) 41,98%, *Shut Down Point* (SDP) 13,21%, dan *Discounted Cash Flow* (DCF) 7,43%. Dari hasil evaluasi ekonomi, pabrik *Methyl Acrylate* dari asam akrilat dan metanol dengan kapasitas 22.000 ton/tahun layak untuk direalisasikan pembangunannya di Indonesia.

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 production 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. 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 80°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 2025, built on the land with an area of 37.975 m^2 . The factory operates 24 hours per day and 330 days per year with acrylic acid raw materials needs of 2348,7034 kg/h and methanol 2490,3596 kg/h. The number of labor needs as many as 85 people. The needs of utilities includes water cooling as much as 77.641 kg/h, water sanitation and public consumption as much as 11.000 kg/h boiler and make up as much as 1206,49 kg/h. fuel as much as 2,871 $\text{m}^3/3$ days and electricity needs of 367,56 kVA.

Economic Evaluation showed the percent return on investment (ROI) before tax 49,44%, after tax 23,73%. (POT) before tax 1,68 years after the tax 3 years, Break event point (BEP) 41,98%, shut down point (SDP) 13,21% and discounted cash flow (DCF) are 7,43%. From the result of economic evaluation, methyl acrylic, acrylic acid and methanol with the capacity 22.000 tons/year deserve to be realized during the construction in Indonesia

Keyword : 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.

Paraxylene atau *1.4 dimethyl benzene* adalah salah satu isomer dari *xylene* yang paling penting. Dewasa ini, *paraxylene* banyak digunakan sebagai bahan baku dasar bagi pabrik penghasil *dimethyl terephthalate* (DMT) dan *terephthalic acid* (TPA) dimana keduanya adalah perantara dalam produksi *polyester*. Keduanya digunakan dalam pembuatan *polyethylene terephthalate* (PET). DMT juga digunakan dalam pembuatan resin *polybutylene terephthalate* (PBT). Selain itu, *paraxylene* banyak digunakan untuk bahan *fiber*, *plasticizer*, film, resin dan sebagainya. Dewasa ini *paraxylene* masih merupakan bahan impor dari luar negeri, sehingga dengan berdirinya pabrik ini diharapkan semakin memacu pertumbuhan industri lain yang memerlukan bahan dasar *paraxylene*.

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 2025. 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:

Tahun ke	Tahun	Berat (kg)
1	2014	24524632
2	2015	22987933
3	2016	14463992
4	2017	25741602
5	2018	23362844
Rata-rata		22216200

Tabel 1. Data Impor Methyl Acrylate di Indonesia

(Sumber: *bps.go.id*)

Dari data pada tabel di atas dapat diperkirakan impor *methyl acrylate* pada tahun 2025 (tahun ke-7) dengan metode persamaan regresi linier adalah sebesar 21.716 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.

Pabrik	Kapasitas
Shijiazhuang oufixin import and ekspor co ., LTD	6000 Ton/tahun
Hutong global co ., LTD	12000 ton/tahun
Toa Gosei co., LTD	20000 ton/tahun
Arkema Inc	45000 ton/tahun

Tabel 1. 1 Kapasitas Produksi Berbagai Pabrik di Dunia

(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 21.716 ton/tahun. Sedangkan kapasitas minimal pabrik *methyl acrylate* yang telah berdiri di negara-negara lain adalah sebesar 6000 ton/tahun dan kapasitas maksimal sebesar 45.000 ton/tahun. Oleh karena itu dapat ditentukan bahwa kapasitas perancangan pabrik *methyl acrylate* adalah sebesar 22.000 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.

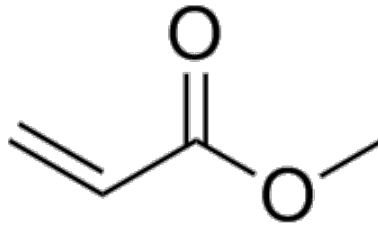
1.3 Ketersediaan Bahan Baku

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. Untuk bahan baku *xylene* dipasok dari PT. Pertamina Unit pengolahan IV Cilacap.

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 sintesis 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.

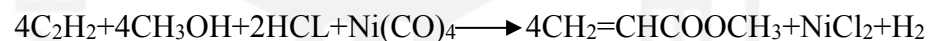


Gambar 1. 1 Struktur Kimia Methyl Acrylate

Methyl Acrylate dapat diproduksi dari beberapa proses, diantaranya adalah :

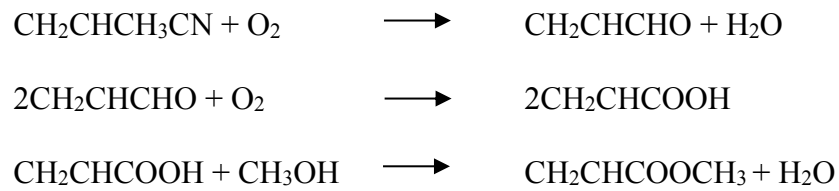
a. Proses Asetilen

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 :



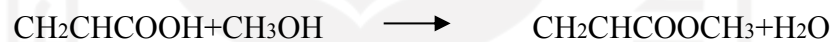
b. Oksidasi Propilen

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 200 ⁰C 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 kondisi operasinya lebih menguntungkan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Xylene adalah homolog dari C₈ *benzene* dirumuskan dengan rumus molekul C₈H₁₀. Sedangkan ketiga isomer dari *xylene* adalah *ortho-xylene*, *Monoxylene*, *paraxylene*, dimana perbedaan dari ketiga isomer tersebut adalah terletak pada posisi dari kedua gugus metilnya pada gugus *benzene*.

Diantara ketiga isomer diatas yang paling penting peranannya adalah *paraxylene*. Dimana pada reaksi oksidasi *paraxylene* akan didapati (TPA) atau (DMT) dan selanjutnya apabila TPA direaksikan dengan *ethylene glycol* akan didapatkan *polyethylene terephatate* yang banyak digunakan dalam industri plastic, tekstil, ban, fiber ataupun resin.

Sedangkan jika dikehendaki juga dapat diambil *metaxylene* dan *ortoxylene* sebagai hasil samping, dimana kegunaan dari kedua isomer *xylene* di atas adalah sebagai berikut :

- *Orthoxylene*

Bahan ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *phtalic anhydride* (PA). dimana pada konversi lebih lanjut akan dirubah menjadi *polyester resin* dan *alkyl resin* yang sangat berguna bagi industri cat, tinta cetak, dan *coating*.

- *Metaxylene*

Bahan ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *isophtalic acid* yang pada konversi lebih lanjut akan diubah menjadi *polyester resin* dan *alkyl resin*. Juga digunakan untuk *isphtalonytril* sebagai obat pembasmi jamur.

Tabel 2. Perbandingan Pemilihan Proses

NO	Proses	Kondisi Operasi	Kelebihan	Kekurangan
1	Asetilen	P = 140-316 atm T = 220-270 °C	Produk samping bukan merupakan zat beracun.	Bahan baku gas alam terbatas, Menggunakan katalis nikel karbonil yang beracun dan korosif.
2	Propilen	P = 1 atm T = 500 °C	Bahan baku mudah didapatkan.	Prosesnya melalui banyak tahapan.
3	Esterifikasi	P = 1 atm T = 50-100 °C	Bahan baku relatif mudah didapat, Produk samping bukan merupakan zat beracun.	Membutuhkan katalis asam yang bersifat korosif, Waktu reaksi relatif lebih lama.

Berdasarkan tabel dan penjelasan diatas maka dipilih proses Esterifikasi *acrylic acid* untuk memproduksi *methyl acrylate* karena proses esterifikasi lebih menguntungkan dari segi proses dan kondisi operasinya dan juga bahan baku yang relatif mudah didapat.

1.4.2 Kegunaan Produk

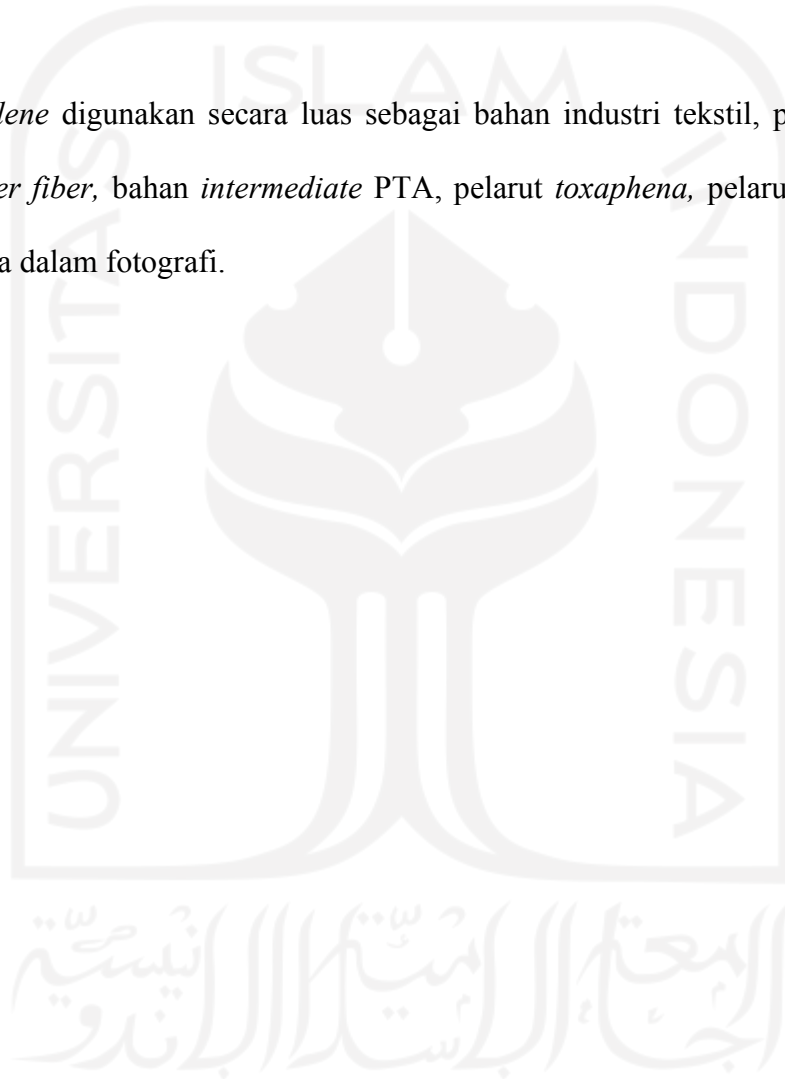
Methyl acrylate merupakan bahan baku untuk produksi polimer (poliakrilat). Polimer ini digunakan sebagai bahan perekat, binder untuk industri kulit, kertas, dan untuk komponen kopolimer dan *acrylic fiber*. Selain itu, polimer ini juga digunakan oleh berbagai pabrik cat (*coating*) yaitu PT. ICI Indonesia,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

Paraxylene digunakan secara luas sebagai bahan industri tekstil, plastisizer dan *polyester fiber*, bahan *intermediate* PTA, pelarut *toxaphena*, pelarut *phenol*, dan pewarna dalam fotografi.



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 °C)
Titik didih	: 80,5 °C (760 mmHg)
Titik leleh	: -76,5 °C (760 mmHg)
Suhu kritis	: 263 °C
Spesifik gravity	: 0,956
Tekanan kritis	: 39,52 atm
Tekanan uap	: 65 mmHg (20 °C)
Densitas	: 0,956 g/ml (25 °C)
Viskositas	: 0,49 cp (20 °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 ₂ CHCOOH
Berat molekul	: 72,06 g/mol
Kenampakan	: Cairan tak berwarna (pada 1 atm, 30 °C)
Titik didih	: 141 °C
Titik leleh	: 14 °C
Suhu kritis	: 342 °C
Spesifik gravity	: 1,05
Tekanan kritis	: 56 atm
Tekanan uap	: 3 mmHg (20 °C)
Densitas	: 1,0511 g/ml (20 °C)
Viskositas	: 1,19 cp (20 °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 °C)
Titik didih	: 64,5 °C
Titik leleh	: -97,8 °C
Suhu kritis	: 240 °C
Spesifik gravity	: 0,7915
Tekanan kritis	: 78,5 atm
Tekanan uap	: 128 mmHg (20 °C)
Densitas	: 0,792 g/cm ³ (20 °C)
Viskositas	: 0,55 cp (20 °C)
Kemurnian	: 99,9% (0,1% air)
Kelarutan	: mudah larut dalam air.

(Sumber: *Methyl Alcohol* MSDS)

3) Xylene

Rumus molekul	: C ₈ H ₁₀
Berat molekul	: 106,16 g/mol
Kenampakan	: Jernih
Titik didih	: 140 °C
Titik leleh	: 139 °C
Suhu kritis	: 359 °C
Tekanan kritis	: 34,7 bar

Tekanan uap	: 28,5 mmHg (25 °C)
Densitas	: 0,866 g/cm ³ (20 °C)
Viskositas	: 0,812 cp (20 °C)
Kemurnian	: 99,8% (0,2% air)
Kelarutan	: sedikit 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 °C)
Titik didih	: 270°C (760 mmHg)
Titik leleh	: -35 °C
Suhu kritis	: 650,89 °C
Spesifik gravity	: 1,84
Tekanan kritis	: 63,16 atm
Densitas	: 1,84 g/cm ³
Viskositas	: 3,9 cp (25 °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 indicator 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 electric (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 $80\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm dengan bantuan katalis asam sulfat (H_2SO_4).

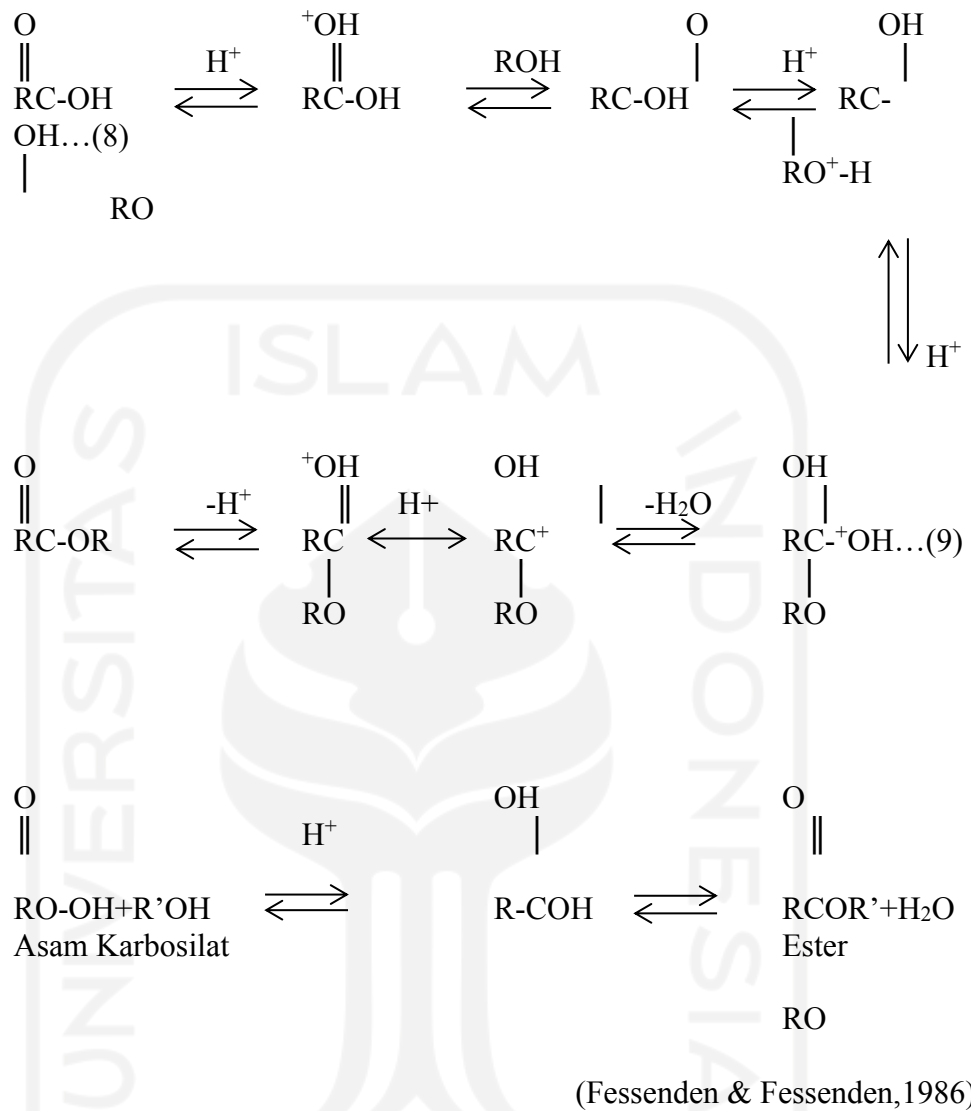
Reaksi antara asam akrilat (CH_2CHCOOH) dengan methanol (H_2SO_4) adalah suatu reaksi substitusi gugus radikal organik dengan ion hydrogen berasal dari asam. Dengan putusya ikatan karbonil oksigen atau ikatan alkil oksigen, maka terbentuklah air.

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



3.1.3 Sifat Reaksi

a. Tinjauan Kinetika

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

Reaksi : *Acrylic acid* + *methanol* → *Methyl acrylate* + Air

Persamaan kecepatan reaksi :

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

$$-ra = C_{Ao} \frac{dx_A}{dt} = r C_{Ao}^2 (1 - x_A) \cdot (M - x_A) \dots \dots \dots (2)$$

Jika :

$$M = \frac{C_{Bo}}{C_{Ao}} \dots \dots \dots (3)$$

$$-ra = k \cdot C_{Ao}^2 \cdot [1 - x_A] [M - x_A] \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

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

C_{Bo} = 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:

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

Tabel 3.1 Harga ΔG^0_f Masing-masing Komponen

(Yaws,1999)

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G^0_{r_{298K}} &= \Delta H^0_f \text{ produk} - \Delta H^0_f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^0_f \text{ MA} + \Delta H^0_f \text{ air}) - (\Delta H^0_f \text{ AA} + \Delta H^0_f \text{ M}) \\
 &= (-257,32 + (-241,814)) - (-323,5 + -200,94) \\
 &= -37,350 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

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

(Smith VanNess, 1987)

Dengan :

- K₀ = konstanta kesetimbangan pada suhu 298 K
- K = konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu
- T = temperatur tertentu
- ΔH₂₉₈ = panas reaksi standar pada 298 K

Sedangkan harga ΔH⁰_f masing – masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Komponen	harga ΔG ⁰ _f (kJ/mol)
Asam akrilat (AA)	-355,91
Methanol (M)	-200,94
<i>Methyl Acrylate</i> (MA)	-333
Air	-241,814

Tabel 3. 2 . Harga ΔH⁰_f Masing-Masing Komponen

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G^0_{r_{298K}} &= \Delta H^0_f \text{ produk} - \Delta H^0_f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^0_f \text{ MA} + \Delta H^0_f \text{ air}) - (\Delta H^0_f \text{ AA} + \Delta H^0_f \text{ M}) \\
 &= -17,964 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Pada suhu 80 °C (353 K) besarnya konstanta keseimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

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

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

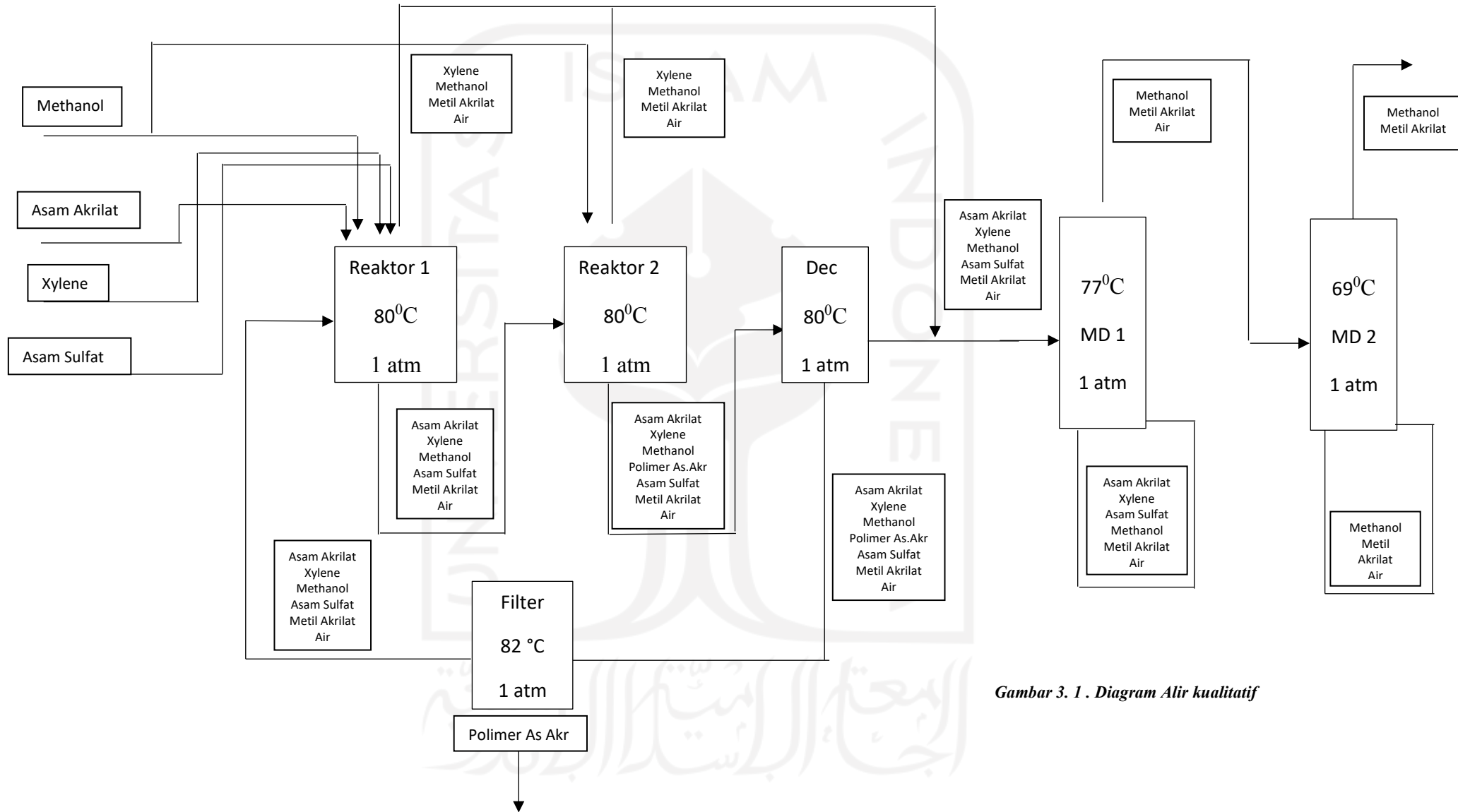
Karena harga $K = k_1/k_2$ besar, berarti harga k jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan harga k_1 sehingga k_2 diabaikan terhadap k_1 dan reaksi dianggap berjalan satu arah (*Irreversible*).

3.2 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses

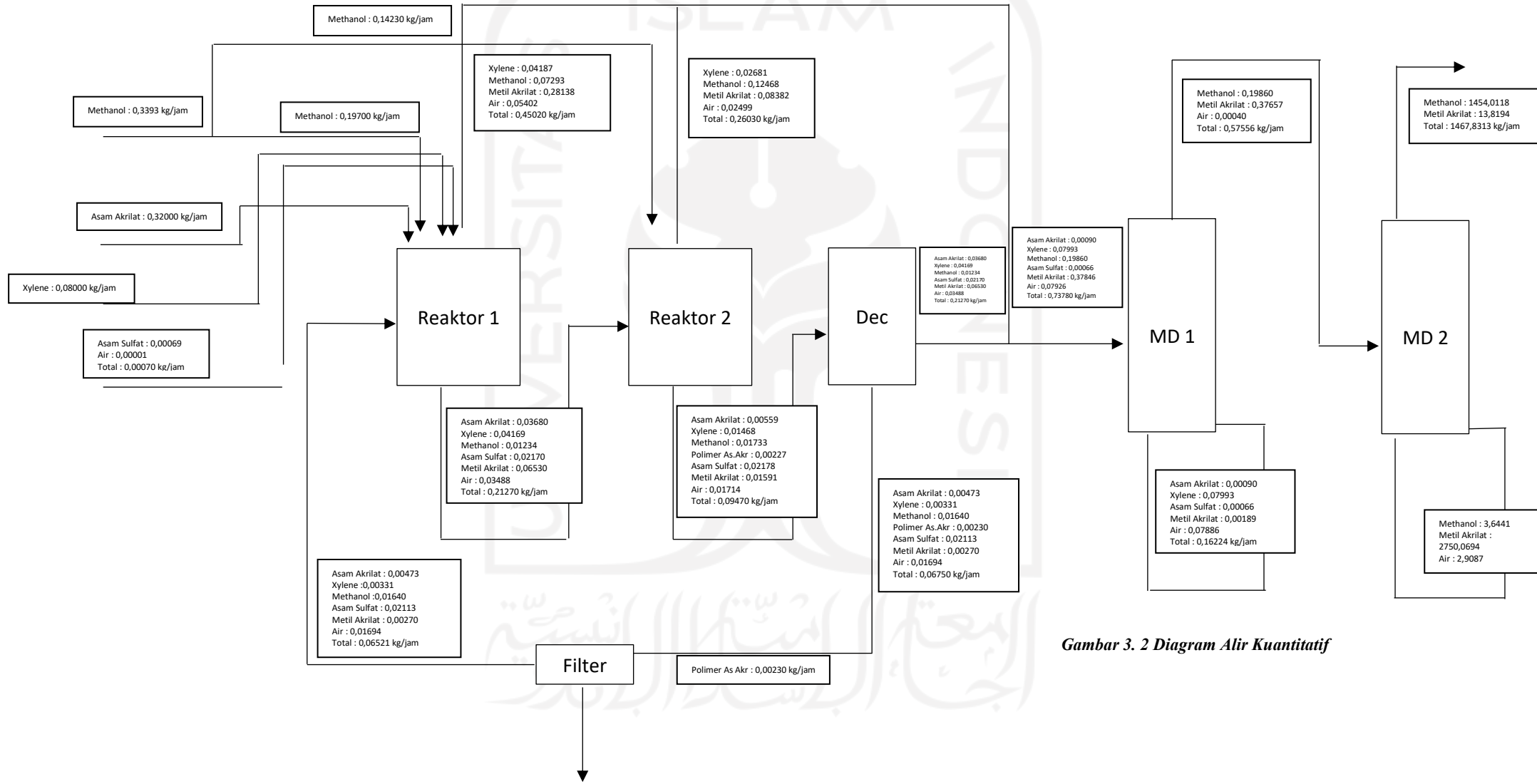
3.2.1 Diagram Alir Proses

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 kualitatif



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 $80\text{ }^\circ\text{C}$ dan 1 atm

2. Unit Reaksi

Reaksi pembentukan Metil Akrilat ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) dilakukan didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi secara isothermal pada $80\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Perbandingan mol bahan baku asam akrilat (CH_2CHCOOH) dan metanol (CH_3OH) adalah 1:2. 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 $80\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm untuk memisahkan fase atas (ringan) dan fase bawah (berat). Fraksi bawah decanter yang berupa air, asam sulfat, asam akrilat, metanol, xilene, polimer asam akrilat

dan *methyl acrylate* diumpankan ke filter untuk dipisahkan polimer asam akrilatnya dan *direcycle* ke reaktor pertama.

Methyl acrylate, asam akrilat, *xylene*, *methanol*, asam sulfat dan air yang berasal dari fraksi atas dekanter, dialirkan ke menara distilasi pertama. Hasil atas menara distilasi pertama berupa *methyl acrylate*, *methanol* dan air diumpankan Kembali ke menara distilasi kedua untuk mendapatkan kemurnian metil akrilat 99,5 %.

3.2.3 Neraca Massa dan Neraca Panas

Produk	: <i>Methyl Acrylate</i> 99,5%
Kapasitas Perancangan	: 22.000 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	: kg

Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor 1

KOMPONEN	MASUK						KELUAR				RECYCLE		FRESH FEED	
	ARUS 1		ARUS 2		ARUS 3		ARUS 6		ARUS 7		ARUS 16		ARUS FRESHFEED	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	2348,703	32,594	0,000	0,000	0,000	0,000	270,080	3,748	0,000	0,000	34,680	0,481	2314,023	32,112
xilene	587,176	5,531	0,000	0,000	0,000	0,000	305,986	2,882	307,303	2,895	24,276	0,229	562,900	5,302
CH ₃ OH	0,000	0,000	1445,921	45,129	0,000	0,000	90,547	2,826	535,302	16,707	120,389	3,757	1325,531	41,371
polimer asam akrilat	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	5,042	0,051	159,238	1,624	0,000	0,000	155,069	1,581	155,069	1,581
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,103	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	479,274	5,567	2065,208	23,989	19,817	0,230	19,817	2,418
H ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	256,029	14,216	396,520	22,017	124,353	6,905	9,569	0,531
total	2935,879	38,125	1445,921	45,129	5,144	0,057	1561,154	30,863	3304,332	65,608	478,585	13,183	4386,910	83,317
kmol/jam							96,494			96,471				96,500
kg/jam							4865,529			4865,486				4865,495

Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor 2

KOMPONEN	MASUK				KELUAR			
	ARUS 5		ARUS 6		ARUS 8		ARUS 9	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	0,000	0,000	270,080	3,748	41,009	0,569	0,000	0,000
xilene	0,000	0,000	305,986	2,882	107,736	1,015	196,784	1,854
CH ₃ OH	1044,439	32,598	90,547	2,826	127,198	3,970	915,141	28,562
Polimer asam akrilat	0,000	0,000	0,000	0,000	16,682	0,231	0,000	0,000
H ₂ SO ₄	0,000	0,000	159,238	1,624	159,866	1,630	0,000	0,000
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	0,000	0,000	479,274	5,567	116,772	1,356	615,189	7,146
H ₂ O	0,000	0,000	256,029	14,216	125,808	6,985	183,410	10,184
total	1044,439	32,598	1561,154	30,863	695,069	15,757	1910,523	47,746
kmol/jam				63,461				63,503
kg/jam				2605,593				2605,593

Tabel 3. 4 Neraca Massa Dekanter

KOMPONEN	MASUK		KELUAR			
	ARUS 8		ARUS 11		ARUS 10	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	41,009	0,569	34,680	0,481	6,612	0,092
xilene	107,736	1,015	24,276	0,229	82,554	0,778
CH ₃ OH	127,198	3,970	120,389	3,757	7,213	0,225
Polimer asam akrilat	16,682	0,231	16,845	0,234	0,000	0,000
H ₂ SO ₄	159,866	1,630	155,069	1,581	4,106	0,042
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	116,772	1,356	19,817	0,230	97,382	1,131
H ₂ O	125,808	6,985	124,353	6,905	1,803	0,100
total	695,069	15,757	495,430	13,417	199,670	2,368
kmol/jam	15,757		15,785			
kg/jam	695,069		695,100			

Tabel 3. 5 Neraca Massa Filter

KOMPONEN	MASUK		KELUAR			
	ARUS 11		ARUS 16		ARUS 15	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	34,680	0,481	34,680	0,481	0,000	0,000
xilene	24,276	0,229	24,276	0,229	0,000	0,000
CH ₃ OH	120,389	3,757	120,389	3,757	0,000	0,000
Polimer asam akrilat	16,845	0,234	0,000	0,000	16,845	0,234
H ₂ SO ₄	155,069	1,581	155,069	1,581	0,000	0,000
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	19,817	0,230	19,817	0,230	0,000	0,000
H ₂ O	124,353	6,905	124,353	6,905	0,000	0,000
total	495,430	13,417	478,585	13,183	16,845	0,234
kmol/jam	13,417		13,417			
kg/jam	495,430		495,430			

Tabel 3. 6 Neraca Massa Pada MD 1

KOMPONEN	MASUK		KELUAR			
	ARUS 12		ARUS 13		ARUS 14	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	6,612	0,092	0,000	0,000	6,612	0,092
xilene	586,641	5,526	0,000	0,000	586,641	5,526
CH ₃ OH	1457,656	45,495	1457,656	45,495	0,000	0,000
Polimer asam akrilat	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ SO ₄	4,809	0,049	0,000	0,000	4,809	0,049
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	2777,778	32,266	2763,889	32,105	13,889	0,161
H ₂ O	581,733	32,301	2,909	0,162	578,825	32,139
total	5415,229	115,728	4224,454	77,761	1190,776	37,967
Kmol/jam	115,728		115,728			
Kg/jam	5415,229		5415,229			

Tabel 3. 7 Neraca Massa Pada MD 2

KOMPONEN	MASUK		KELUAR			
	ARUS 17		ARUS 18 (DISTILAT)		ARUS 19 (BOTTOM)	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
xilene	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₃ OH	1457,656	45,495	1454,012	45,381	3,644	0,114
Polimer asam akrilat	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CH ₂ CHCOOCH ₃	2763,889	32,105	13,819	0,161	2750,069	31,944
H ₂ O	2,909	0,162	0,000	0,000	2,909	0,162
total	4224,454	77,761	1467,831	45,542	2756,622	32,219
Kmol/jam		77,761				77,761
Kg/jam		4224,454				4224,454

Tabel 3. 8 Neraca Panas Pada Reaktor 1

NERACA ENERGI MASUK

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int Cp.dT$	$Q=n*\int Cp.dT$
CH ₂ CHCOOH	32,593	8468,603	276023,273
<i>xilene</i>	5,531	11213,594	62022,904
CH ₃ OH	45,128	4543,940	205061,682
H ₂ SO ₄	3,162	7904,480	24994,770
CH ₂ CHCOOCH ₃	2,648	9013,215	23871,923
H ₂ O	7,435	13329,256	99116,075
Total	96,500	54473,089	691090,629

NERACA ENERGI KELUAR

Kompenen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int Cp.dT$	$Q=n*\int Cp.dT$
CH ₂ CHCOOH	3,747	8468,603	31740,174
<i>xilene</i>	5,777	11213,594	64781,218
CH ₃ OH	19,533	4543,940	88758,398
H ₂ SO ₄	1,623	7904,480	12833,310
CH ₂ CHCOOCH ₃	29,556	9013,215	266395,199
H ₂ O	36,232	13329,256	482953,578
Total	96,500	54473,089	947461,880

	Q IN		Q OUT
	691090,630		947461,880
Q pendingin			2698939,660
Qrx reaksi	2955310,910		
	3646401,540		3646401,540

Tabel 3. 9 Neraca Panas Pada Reaktor 2

Masuk Reaktor (Arus 5)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$	$Q = n \cdot \int C_p \cdot dT$
CH ₃ OH	32,597	4543,940	148123,235
Total	32,597	4543,940	148123,235

Masuk Reaktor (Arus 6)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$	$Q = n \cdot \int C_p \cdot dT$
CH ₂ CHCOOH	3,747	8468,603	31740,174
<i>xilene</i>	2,882	11213,593	32321,065
CH ₃ OH	2,826	4543,940	12841,441
H ₂ SO ₄	1,623	7904,479	12833,310
CH ₂ CHCOOCH ₃	5,567	9013,215	50177,741
H ₂ O	14,215	13329,256	189488,015
Total	30,862	54473,088	329401,749

Keluar Reaktor (Arus 8)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$	$Q = n \cdot \int C_p \cdot dT$
CH ₂ CHCOOH	0,569	2130,667	1212,555
<i>xilene</i>	1,014	3340,192	3389,771
CH ₃ OH	3,969	3067,991	12179,822
Polimer asam akrilat	0,231	2130,667	493,242
H ₂ SO ₄	1,629	3391,301	5527,668
CH ₂ CHCOOCH ₃	1,356	5124,018	6950,170
H ₂ O	6,985	5147,412	35956,881
Total	15,757	24332,250	65710,111

Keluar Reaktor (Arus 9)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$	$Q = n \cdot \int C_p \cdot dT$
<i>xilene</i>	1,853	3340,192	6191,560
CH ₃ OH	28,562	3067,991	87629,342
CH ₂ CHCOOCH ₃	7,145	5124,018	36615,606
H ₂ O	10,183	5147,412	52420,222
Total	47,745	16679,614	182856,732

	Q IN		Q OUT
	477524,990		248566,844
Q pendingin			260761,610
Qrx reaksi	31803,470		
	509328,456		509328,460

Tabel 3. 10 Neraca Panas Pada Decanter

Masuk Decanter

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$	$Q = n \cdot \int C_p \cdot dT$
CH ₂ CHCOOH	0,569	-65,218	-37,115
<i>xilene</i>	1,014	-69,941	-70,979
CH ₃ OH	3,969	19,544	77,589
Polimer asam akrilat	0,231	-65,218	-15,097
H ₂ SO ₄	1,629	14,522	23,671
CH ₂ CHCOOCH ₃	1,356	6,329	8,585
H ₂ O	6,985	81,920	572,252
Total	15,757	-78,061	558,905

Keluar Decanter

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int C_p \cdot dT$	$Q = n \cdot \int C_p \cdot dT$
CH ₂ CHCOOH	0,481	-65,218	-31,387
<i>xilene</i>	0,228	-69,941	-15,993
CH ₃ OH	3,757	19,544	73,436
Polimer asam akrilat	0,233	-65,218	-15,245
H ₂ SO ₄	1,581	14,522	22,961
CH ₂ CHCOOCH ₃	0,230	6,329	1,456
H ₂ O	6,904	81,920	565,635
Total	13,417	-78,061	600,863

Keluar Decanter

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int Cp.dT$	$Q = n \cdot \int Cp.dT$
CH ₂ CHCOOH	0,091	-65,218	-5,984
<i>xilene</i>	0,777	-69,941	-54,389
CH ₃ OH	0,225	19,544	4,400
H ₂ SO ₄	0,041	14,522	0,607
CH ₂ CHCOOCH ₃	1,131	6,329	7,159
H ₂ O	0,100	81,920	8,202
Total	2,367	-12,842	-40,003

Arus	Input	Output
8	558,905	
9		600,863
10		-40,003
Q pemanas	1,954	
Total	560,860	560,860

Tabel 3. 11 Neraca Panas Pada Filter

Masuk Filter (Arus 11)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int Cp.dT$	$Q = n \cdot \int Cp.dT$
CH ₂ CHCOOH	0,481	73491,274	35368,898
<i>xilene</i>	0,228	95524,794	21844,054
CH ₃ OH	3,757	34897,422	131126,085
Polimer asam akrilat	0,233	73491,274	17179,179
H ₂ SO ₄	1,581	49459,935	78198,675
CH ₂ CHCOOCH ₃	0,230	73680,048	16960,520
H ₂ O	6,904	37484,959	258820,714
Total	13,417	438029,711	559498,129

Keluar Filter (Arus 16)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int Cp.dT$	$Q = n \cdot \int Cp.dT$
CH ₂ CHCOOH	0,481	73491,274	35368,898
<i>xilene</i>	0,228	95524,794	21844,054
CH ₃ OH	3,757	34897,422	131126,085
H ₂ SO ₄	1,581	49459,935	78198,675
CH ₂ CHCOOCH ₃	0,230	73680,048	16960,520
H ₂ O	6,904	37484,959	258820,714
Total	13,183	364538,436	542318,949

Keluar Filter (Arus 15)

Komponen	(kmol/jam)	$\Delta H = \int Cp.dT$	$Q = n \cdot \int Cp.dT$
Polimer Asam Akrilat	0,233	73491,274	17179,179
Total	0,233	73491,274	17179,179

Tabel 3. 12 Neraca Panas Pada MD 1

Neraca Panas MD01		
masuk =	keluar	
$F \cdot HF + Q_r =$	$Q_c + D \cdot HD + B \cdot HB$	
2069,666	2069,666	

Tabel 3. 13 Neraca Panas Pada MD 2

Neraca Panas MD2		
masuk =	keluar	
$F \cdot HF + Q_r =$	$Q_c + D \cdot HD + B \cdot HB$	
2461,571	2461,571	

3.3 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.3.1 Reaktor (susunan seri dengan 3 buah reactor)

Kode	: R
Tugas	: Mereaksikan methanol sebanyak 1445,920 kg/jam dan asam akrilat sebanyak 2348,703 kg/jam dengan menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 5,041 kg/jam
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade D Type 430</i>
Tipe	: CSTR
Jumlah	: 3 buah
Kondisi	: P: 1 atm T: 80°C
Diameter Shell	: 6,139 m
Tinggi Shell	: 9,209 m
Tebal Shell	: 0,250 in
Dimensi head	:
Bentuk	: <i>torishperical dished head</i>
Tebal head	: 0,188 in
Pengaduk	:
Tipe	: marine propeller with 3 blades and pitch 2Di
Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 2,046 m
Kecepatan	: 87,768 rpm
Power	: 33,562 hp
Jarak pengaduk dari dasar tangki	: 2,046 m

Jaket pendingin

Tinggi jaket	: 4,093 m
Diameter jaket	: 24217,698 m
Tebal jacket	: 238318,171 in
Beban panas pendingin	: 2558594,801 btu/jam
Suhu masuk	: 30 °C
Suhu keluar	: 45 °C

3.3.2 Dekanter

Kode	: DC
Fungsi	: memisahkan campuran berdasarkan kelarutan
Jenis	: <i>Continuous gravity decanter</i>
Bentuk	: silinder horizontal
Bahan	: <i>stainless steel AISI 316</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 80 °C
Waktu tinggal dalam dekanter	: 5 menit
Tebal shell	: 0,187 in
Tebal head	: 0,187 in
Tinggi head	: 0,182 m
Diameter dekanter	: 0,448 m
Panjang dekanter	: 0,897 m
Tinggi keluaran fase atas	: 0,51 m

Tinggi keluaran fase bawah : 0,23 m

Pipa pemasukan

Dopt masuk : 0,432 mm

Schedule number : 40

IPS : 1,25

Pipa pengeluaran

Dopt top prod : 0,231 mm

Schedule number : 40

IPS : 1,25

Dopt bottom prod: 0,356 mm

Schedule number : 40

IPS : 1,25

3.3.3 Menara Distilasi 01

Jenis : *Sieve Plate*

Bahan : *stainless steel SA285*

Jumlah : 1 buah

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu top : 72,05 °C

Suhu bottom : 144,17 °C

Tinggi menara : 13,40 m

Diameter : 0,87 m

Tebal shell : 4,762 mm

Jenis head : *torishperical dished head*

Tebal head : 4,762 mm
Tebal isolator : 0,017 m
Pipa umpan : 2 in IPS
Pipa hasil atas menuju condenser plate 1 : 20 in (IPS)
Pipa refluks distilat : 2 in (IPS)
Pipa pengeluaran bottom : $\frac{1}{4}$ in (IPS)
Pipa refluks bottom : 0,5 in (IPS)

3.3.4 Menara Distilasi 02

Jenis : *Sieve Plate*
Bahan : *stainless steel SA285*
Jumlah : 1 buah
Tekanan operasi : 1 atm
Suhu top : 65,04 °C
Suhu bottom : 80,90 °C
Tinggi menara : 14,60 m
Diameter : 0,87 m
Tebal shell : 4,76 mm
Jenis head : *torishperical dished head*
Tebal head : 4,76 mm
Tebal isolator : 0,017 m
Pipa umpan : 2 in IPS
Pipa hasil atas menuju condenser plate 1 : 14 in (IPS)
Pipa refluks distilat : 1,25 in (IPS)

Pipa pengeluaran bottom : 0,25 in (IPS)

Pipa refluks bottom : 0,25 in (IPS)

3.3.5 Filter

Tugas : Memisahkan padatan dan *impuritiesnya* dari keluaran dekanter

Tipe : *Rotary Drum Vacuum Filter*

Kecepatan Putar : 1 rpm

Periode Putar : 1 s

Sudut Kontan Pembentukam *cake* : 36°

Luas Permukaan Drum : 28,234 *ft*²

Diameter Drum : 3 ft

Panjang Drum : 6 ft

Power pompa vakum : 30,7 Hp

Power motor : 36,54 Hp

3.3.6 Condensor 01

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 1747,442 kJ/jam

Luas Penampang pipa : 444,213 *ft*² (digunakan *shell and tube*)

Panjang pipa : 12 *ft*²

Shell

Inside Diameter : 17,25 in

Baffle Space : 17,25 in

Passes : 1

Tube

Panjang : 24 ft

Jumlah tube : 177

Outside Diameter : $\frac{3}{4}$ in

BWG : 14

Pitch : 1 in square pitch

T in : 30 °C

T out : 150 °C

Rd : 0,01657

Pressure Drop

Shell : 0,0242 psi

Tube : 0.3269 psi

3.3.7 Condensor 02

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 374,730 kj/jam

Luas Penampang pipa : 714,826 (digunakan *shell and tube*)

Panjang pipa : 12 ft²

Shell

Inside Diameter : 25 in

Baffle Space : 14,437 in

Passes : 1

Tube

Panjang	: 16 ft
Jumlah tube	: 428
Outside Diameter	: 0,75 in
BWG	:14
Pitch	: 1 in square pitch
T in	: 30 °C
T out	: 150 °C
Rd	: 0,1099
Pressure Drop	
Shell	: 7,346 psi
Tube	: 7,5539 psi

3.3.8 Reboiler 01

Fungsi : menguapkan sebagian liquid hasil bawah md 01

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 1411,66 kj/jam

Fluida : medium organic

Luas transfer panas : 272,775 ft² (*shell and tube*)

Shell

Inside Diameter : 17,25 in

Baffle Space : 17,25 in

Passes : 1

Tube

Panjang : 24 ft

Jumlah tube : 177

Outside Diameter : 3/4 in

BWG : 14

Pitch : 1 in square pitch

T in : 30 °C

T out : 150 °C

Rd : 0,1657

Pressure Drop

Shell : 0,024 psi

Tube : 0,326 ps

3.3.9 Reboiler 02

Fungsi : menguapkan sebagian liquid hasil bawah md 02

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 2059,455 kj/jam

Fluida : medium organic

Luas transfer panas : 286,075 ft² (*shell and tube*)

Shell

Inside Diameter : 17,25 in

Baffle Space : 17,25 in

Passes : 1

Tube

Panjang : 24 ft

Jumlah tube : 177

Outside Diameter : 3/4 in

BWG : 14

Pitch : 1 in square pitch

T in : 30 °C

T out : 150 °C

Rd : 0,1657

Pressure Drop

Shell : 0,024 psi

Tube : 0,326 psi

3.3.10 Tangki Penyimpanan

1. Tangki penyimpanan asam akrilat

Tugas : menyimpan asam akrilat sebanyak 2348,70 kg/jam

Jenis : *cone roof*

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Bahan : *Stainless Steel Grade D type 430*

Volume tangki: 2,80 m³

Ukuran *Course* : Panjang : 20 ft

Lebar : 6 ft

Jumlah *Course* tangki : 5

Dimensi tangki:

Diameter luar : 30 ft

Tinggi : 31,8 ft

Tebal tutup atas : 1 in

Tebal tutup bawah : 1 in

Tinggi tangki : 31,8 ft

2. Tangki penyimpanan *xylene*

Tugas : menyimpan *xylene* sebanyak 587,176 kg/jam

Jenis : *cone roof*

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Bahan : *Stainless Steel Grade D type 430*

Volume tangki: 0,85 m³

Ukuran *Course* : Panjang : 20 ft

Lebar : 6 ft

Jumlah *course* tangki : 5

Dimensi tangki:

Diameter luar : 30 ft

Tinggi : 31,8 ft

Tebal tutup atas : 1 in

Tebal tutup bawah : 1 in

Tinggi tangki : 31,8 ft

3. Tangki penyimpanan asam sulfat

Tugas : menyimpan asam sulfat sebanyak 5,144 kg/jam

Jenis : *cone roof*

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Bahan : *Stainless Steel Grade D type 430*

Volume tangki: 0,60 m³

Ukuran *Course* : Panjang : 20 ft

Lebar : 6 ft

Jumlah *course* tangki : 5

Dimensi tangki:

Diameter luar : 30 ft

Tinggi : 31,8 ft

Tebal tutup atas : 1 in

Tebal tutup bawah : 1 in

Tinggi tangki : 31,8 ft

4. Tangki penyimpanan metanol

Tugas : menyimpan metanol sebanyak 1445,92 kg/jam

Jenis : *torispherical roof*

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Bahan : *Stainless Steel Grade D type 430*

Volume tangki: 2,28 m³

Jumlah *course* tangki : 5

Ukuran *Course* : Panjang : 20 ft

Lebar : 6 ft

Dimensi tangki:

Diameter luar : 30 ft

Tinggi : 31,8 ft

Tebal tutup atas : 1 in

Tebal tutup bawah : 1 in

Tinggi tangki : 31,8 ft

5. Tangki penyimpanan Distilat MD 02

Tugas : menyimpan asam akrilat sebanyak 1445,92 kg/jam

Jenis : *cone roof*

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Bahan : *Stainless Steel Grade D type 430*

Volume tangki: 0,67 m³

Ukuran *Course* : Panjang : 20 ft

Lebar : 6 ft

Jumlah *course* tangki : 5

Dimensi tangki:

Diameter luar : 30 ft

Tinggi : 31,8 ft

Tebal tutup atas : 1 in

Tebal tutup bawah : 1 in

Tinggi tangki : 31,8 ft

3.3.11 Heat exchanger

1. Heater 01 (Asam Akrilat)

Kode alat : HE-01

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki 30⁰C ke suhu reaktor 80 ⁰C

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 24064,2 kj/jam

Kebutuhan steam : 394,875 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 439,465 °F

Suhu dingin rata-rata : 131 °F

Suhu panas rata-rata : 572 °F

Material : *Carbon Steel SA 135*

Luas transfer panas : 1,038 ft

Pipa :

Annulus

IPS : 2 in

Sch No : 40

Inner pipe :

IPS : 1,25 in

Sch No : 40

Jumlah Hairpin : 0,20

Clean overall coefficient : 86,66

Rd terhitung : 0,008

Pressure drop annulus : 0,038 psi

Pressure drop inner : 0,066 psi

2. Heater 02 (*Methanol*)

Kode alat : HE-02

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki 30 °C ke suhu reaktor 80 °C

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 109193 kJ/jam

Kebutuhan steam : 1791,779 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 439,465 F

Suhu dingin rata-rata : 131 °F

Suhu panas rata-rata : 572 °F

Material : *Carbon Steel SA 135*

Luas transfer panas : 2,3554 ft

Pipa :

Annulus

IPS : 2 in

Sch No : 40

Inner Pipe

IPS : 1,25 in

Sch No : 40

Jumlah Hairpin : 0,45

Clean overall coefficient : 127,14

Rd terhitung : 0,0021

Pressure drop annulus : 0,616 psi

Pressure drop inner : 0,039 psi

3. Heater 03 (*Xylene*)

Kode alat : HE-03

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki 30 °C ke suhu reaktor 80 °C

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 8377,18 kj/jam

Kebutuhan steam : 137,463 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 439,465 °F

Suhu dingin rata-rata : 131 °F

Suhu panas rata-rata : 572 °F

Material : *Carbon Steel SA 135*

Luas transfer panas : 0,180 ft

Pipa :

Annulus

IPS : 2 in

Sch No : 40

Inner pipe :

IPS : 1,25 in

Sch No : 40

Jumlah Hairpin : 0,03

Clean overall coefficient : 52,57

Rd terhitung : 0,0090

Pressure drop annulus : 0,005 psi

Pressure drop inner : 0,006 psi

4. Heater 04 (*Methanol*)

Kode alat : HE-04

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki 30 °C ke suhu reaktor 80 °C

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban panas : 78874,058 kJ/jam

Kebutuhan steam : 1294,264 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 439,465 °F

Suhu dingin rata-rata : 131 °F

Suhu panas rata-rata : 572 °F

Material : *Carbon Steel SA 135*

Luas transfer panas : 1,7014 ft

Pipa :

Annulus

IPS : 2 in

Sch No : 40

Inner pipe :

IPS : 1,25 in

Sch No : 40

Jumlah Hairpin : 0,32

Clean overall coefficient : 127,14

Rd terhitung : 0,0021

Pressure drop annulus : 0,337 psi

Pressure drop inner : 0,018 psi

5. Heater 05 (Filter)

Kode alat : HE-05

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki 30 °C ke suhu reaktor 80 °C

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 45736,117 kJ/jam

Kebutuhan steam : 750,495 kg/jam

ΔT_{lmtD} : 439,465 °F

Suhu dingin rata-rata : 131 °F

Suhu panas rata-rata : 572 °F

Material : *Carbon Steel SA 135*

Luas transfer panas : 16,443 ft²

Pipa :

Annulus

IPS : 4 in

Sch No : 80

Inner pipe :

IPS : 3 in

Sch No : 80

Jumlah Hairpin : 1,5

Clean overall coefficient : 842,67

Rd terhitung : 0,1655

Pressure drop annulus : 0,014 psi

Pressure drop inner : 0,0001 psi

6. Heater 06 (Asam Sulfat)

Kode alat : HE-06

Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki 30 °C ke suhu reaktor 80 °C

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 36614,55 kJ/jam

Kebutuhan steam : 600,817 kg/jam

ΔT_{lmtD} : 439,465 °F

Suhu dingin rata-rata : 131 °F

Suhu panas rata-rata : 572 °F

Material : *Carbon Steel SA 135*

Luas transfer panas : 13,1639 ft

Pipa :

Annulus

IPS : 4 in

Sch No : 80

Inner pipe :

IPS : 3

Sch No : 80

Jumlah Hairpin : 1,2

Clean overall coefficient : 14,02

Rd terhitung : 0,0953

Pressure drop annulus : 0,008 psi

Pressure drop inner : 0,000011 psi

7. Cooler

Kode alat : CL-01

Fungsi : Menurunkan suhu umpan masuk ke MD 1

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban pendingin : 2228,639 kj/jam

Kebutuhan air pendingin : 35,510 kg/jam

ΔT_{lmtD} : 98,886 °F

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 99,5 °F

Suhu panas rata-rata : 168,8 °F

Material : *stainless steel SA 316*

Luas penampang pipa : 0,2848 ft²

Pipa :

Annulus

IPS : 4 in

Sch no : 80

Inner pipe

IPS : 3 in

Sch no : 80

Clean overall coefficient : 20,797

Ud for heavy organic : 75 btu/ft².h.F

Rd terhitung : 0,003

Surface actual : 0,300

8. Cooler

Kode alat : CL-02

Fungsi : Menurunkan suhu umpan masuk ke MD 2

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban pendingin : 55759,017 kJ/jam

Kebutuhan air pendingin : 888,448 kg/jam

ΔT_{lmtD} : 98,886 °F

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 99,5 °F

Suhu panas rata-rata : 161,6 °F

Material : *stainless steel SA 316*

Luas penampang pipa : 10,842 ft²

Pipa :

Annulus

IPS : 4 in

Sch no : 80

Inner pipe

IPS : 3

Sch no : 80

Clean overall coefficient : 61,287

Ud for heavy organic : 75 btu/ft².h.F

Rd terhitung : 0,003

Surface actual : 7,518

Pressure drop total : 0,0003 psi

3.3.12 Pompa

1. Pompa 01

Fungsi : Mengalirkan bahan baku CH_2CHCOOH (Asam Akrilat) dari tangki penyimpanan (T-01) menuju Reaktor 1

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-01

Jumlah : 2

kecepatan volumetric : $2,263 \text{ m}^3/\text{jam}$

IPS : 2 in

Sch No : 80

Total Head : $2,227 \text{ m}$

Flow area per pipe : $0,020 \text{ ft}^2$

Friction head : $0,013$

Pressure head : $0 \text{ lbf}/\text{ft}^2$

Daya pompa : $0,500 \text{ HP}$

Daya motor : $0,750 \text{ HP}$

2. Pompa 02

Fungsi : Mengalirkan bahan baku *Xylene* dari tangki penyimpanan (T-02) menuju Reaktor 1

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-02

Jumlah : 2

kecepatan volumetric : $0,687 \text{ m}^3/\text{jam}$

IPS : 2 in
Sch No : 80
Total Head : 2,227 m
Flow area per pipe : 0,020 ft²
Pressure head : 0 lbf/ft²
Daya pompa : 0,500 HP
Daya motor : 0,750 HP

3. Pompa 03

Fungsi : Mengalirkan bahan baku CH₂CHCOOH (Asam Akrilat) dari tangki penyimpanan (T-01) menuju Reaktor 1
Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-03
Jumlah : 2
kecepatan volumetric : 2,263 m³/jam

IPS : 2 in
Sch No : 80
Total Head : 2,227 m
Flow area per pipe : 0,020 ft²

Pressure head : 0 lbf/ft²
Daya pompa : 0,500 HP
Daya motor : 0,750 HP

4. Pompa 04

Fungsi : Mengalirkan bahan baku CH₃OH dari tangki penyimpanan (T-03) menuju Reaktor 1
Jenis : *centrifugal pumps*
Kode alat : P-04
Jumlah : 2
kecepatan volumetric : 1,847 m³/jam
IPS : 2 in
Sch No : 80
Total Head : 2,227 m
Flow area per pipe : 0,020 ft²
Pressure head : 0 lbf/ft²
Daya pompa : 0,500 HP
Daya motor : 0,750 HP

5. Pompa 05

Fungsi : Mengalirkan bahan baku H₂SO₄ dari tangki penyimpanan (T-04) menuju Reaktor 1
Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-05
Jumlah : 2
kecepatan volumetric : 0,002 m³/jam
IPS : 2 in
Sch No : 80
Total Head : 2,227 m
Flow area per pipe : 0,020 ft²
Pressure head : 0 lbf/ft²
Daya pompa : 0,500 HP
Daya motor : 0,750 HP

6. Pompa 06

Fungsi : Mengalirkan komponen keluaran Reaktor 1 ke Reaktor 2
Jenis : *centrifugal pumps*
Kode alat : P-06
Jumlah : 2
kecepatan volumetric : 2,788 m³/jam
IPS : 2 in
Sch No : 80
Total Head : 2,227 m
Flow area per pipe : 0,020 ft²
Pressure head : 0 lbf/ft²

Daya pompa : 0,500 HP

Daya motor : 0,750 HP

7. Pompa 07

Fungsi : Mengalirkan komponen keluaran Reaktor 2 ke Dekanter

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-07

Jumlah : 2

kecepatan volumetric : 0,617 m³/jam

IPS : 2 in

Sch No : 80

Total Head : 2,227 m

Flow area per pipe : 0,020 ft²

Pressure head : 0 lbf/ft²

Daya pompa : 0,500 HP

Daya motor : 0,750 HP

8. Pompa 08

Fungsi : Mengalirkan komponen keluaran Dekanter ke Filter

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-08

Jumlah : 2

kecepatan volumetric : 0,410 m³/jam

IPS : 2 in
Sch No : 80
Total Head : 2,227 m
Flow area per pipe : 0,020 ft²
Pressure head : 0 lbf/ft²
Daya pompa : 0,500 HP
Daya motor : 0,750 HP

9. Pompa 09

Fungsi : Mengalirkan komponen keluaran Dekanter, R1, dan R2 ke
MD

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-09

Jumlah : 2

kecepatan volumetric : 11,821 m³/jam

IPS : 2 in

Sch No : 80

Total Head : 2,227 m

Flow area per pipe : 0,020 ft²

Pressure head	: 0 lbf/ft ²
Daya pompa	: 0,500 HP
Daya motor	: 0,750 HP

3.3.13 Blower

1. Blower 01(BL-01)

Fungsi : Mengalirkan keluaran atas Reaktor 1 berupa uap

Jenis : *Centrifugal Multitable Backward Curved Blower*

Laju alir gas : 3304,332 kg/jam

Laju alir volumetric : 20715,09 m³/jam

Daya : 72,314 Hp

2. Blower 02(BL-02)

Fungsi : Mengalirkan keluaran atas Reaktor 3 berupa uap

Jenis : *Centrifugal Multitable Backward Curved Blower*

Laju alir gas : 1910,523 kg/jam

Laju alir volumetric : 13630,656 m³/jam

Daya : 47,583 Hp

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 metil akrilat dengan kapasitas 22.000 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. Daerah proses

Merupakan pusat proses produksi dimana alat-alat proses dan pengendali ditempatkan. Daerah 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. Daerah proses ini diletakkan minimal 15 meter dari bangunan-bangunan atau unit-unit lain.



4. 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 metil akrilat yang akan didirikan ditujukan untuk kebutuhan dalam negeri, diantaranya akan dijual ke berbagai pabrik yang menggunakan metil akrilat 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.

5. 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.

6. 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. Daerah administrasi atau perkantoran

Daerah 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. Daerah fasilitas umum

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

3. Daerah proses

Merupakan pusat proses produksi dimana alat-alat proses dan pengendali ditempatkan. Daerah 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. Daerah proses ini diletakkan minimal 15 meter dari bangunan-bangunan atau unit-unit lain.

4. Daerah laboratorium dan ruang kontrol

Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses, serta produk yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk, dan limbah proses. Sedangkan daerah 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 daerah proses apabila terjadi sesuatu masalah di daerah proses dapat teratasi.

5. Daerah pemeliharaan

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

6. Daerah utilitas

Daerah ini merupakan tempat untuk menyediakan keperluan yang menunjang berjalannya proses produksi berupa penyediaan air, steam, listrik. Daerah 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.

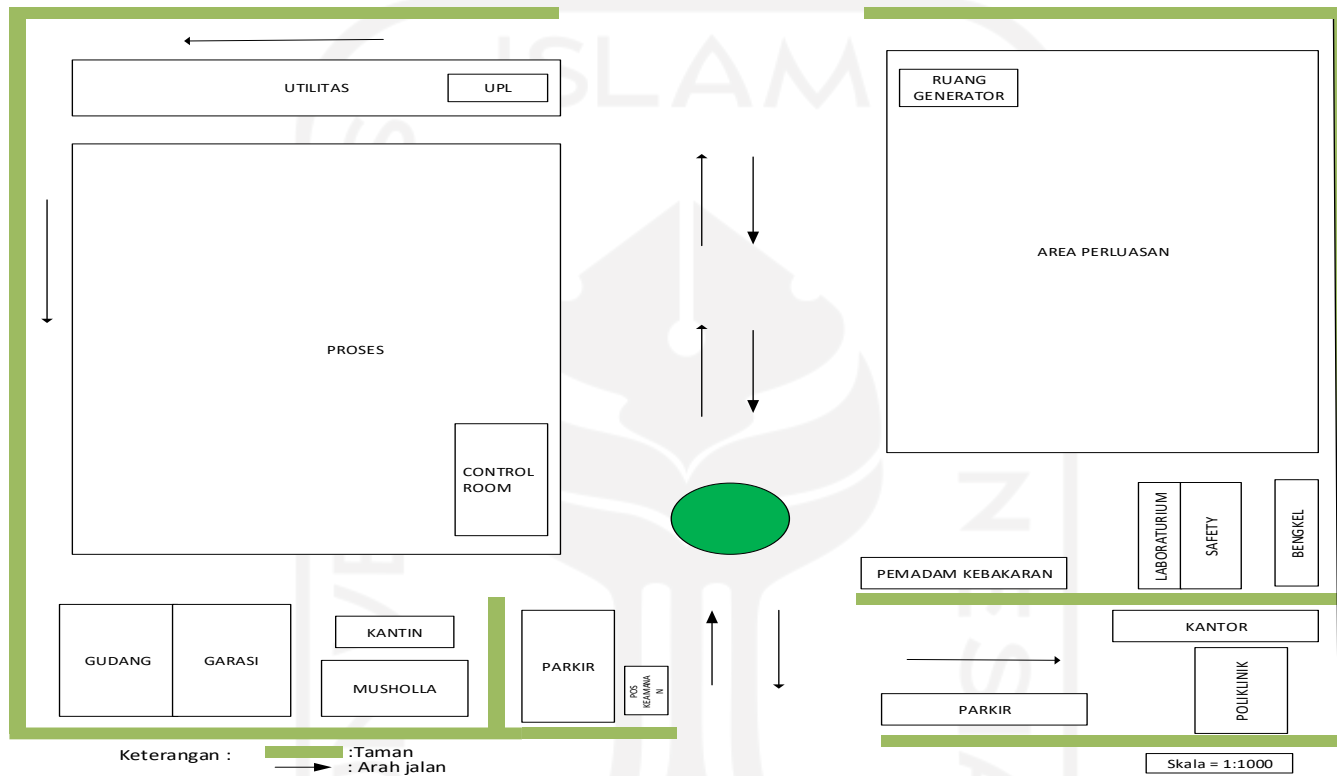
7. Daerah pengolahan limbah

Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.



Tabel 4. 1 Perician Luas Tanah

No.	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
		m	m	m ²
1	Kantor Utama	30	20	600
2	Taman	30	35	1050
3	Pos keamanan	10	20	200
4	Parkir	70	30	2100
5	Masjid	20	20	400
6	Poliklinik	25	15	375
7	Area Proses	80	110	8800
8	Area Utilitas	45	55	2475
9	Laboratorium	20	10	200
10	Bengkel	25	15	375
11	Gudang Peralatan	25	15	375
12	Kantor Teknik dan Produksi	20	10	200
13	Ruang kontrol proses	5	5	25
14	Ruang kontrol utilitas	5	5	25
15	Unit pengolahan limbah	10	50	500
16	Kantin	50	35	1750
17	Perpustakaan	10	20	200
18	Area Perluasan	80	110	8800
19	Unit Pemadan Kebakaran	10	20	200
20	Mess	30	15	450
	Luas Bangunan			29100
	Luas Tanah	245	155	37975



Gambar 4. 1 Lay Out Pabrik Metil Akrilat

4.3 Tata Letak Alat

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *lay out* peralatan proses pada pabrik Metil Akrilat, 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.

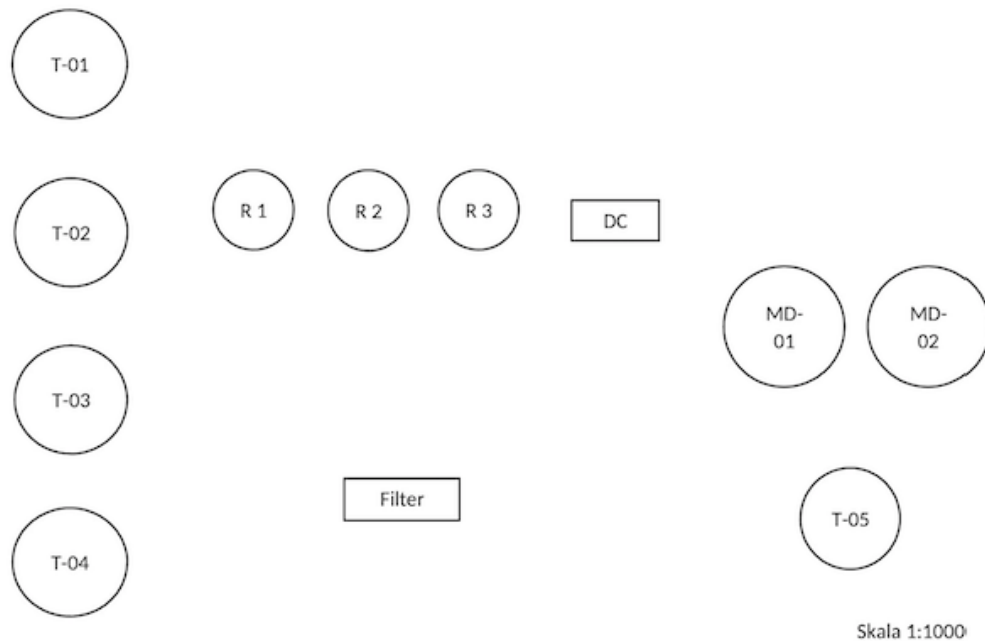
7. Tata letak alat proses

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 mengefektifkan penggunaan luas lantai
- c. Biaya material handling menjadi rendah dan menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk capitas 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 metil akrilat 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 45oC menjadi 30oC, 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 MD-01	35,5105
2	CL-02	Cooler setelah MD-01	888,4483
3	CD-01	Condensor pada MD-01	16459,8440
4	CD-02	Condensor pada MD-02	3723,3798
5	CD-03	Condensor setelah MD-02	39315,7010
6	R-01	Jaket pendingin pada reaktor	4278,2851
		TOTAL	64701,16871

Dengan memilih over design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin adalah sebesar 77641,40246 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 garam-garam karbonat dan silica.

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)	1791,779221
2	Heater (HE-02)	394,8749637
3	Heater (HE-03)	137,463328
4	Heater (HE-04)	600,817744
5	Heater (HE-05)	1294,265
6	Heater (HE-06)	750,4958491
7	Reboiler pada MD-01 (RE-01)	23,16438329
8	Reboiler pada MD-02 (RE-02)	34,20338124
	TOTAL	5027,06387

Dengan memilih *over design* sebesar 20% maka jumlah kebutuhan air untuk pembangkit *steam* adalah sebesar 6032,476644 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

4.5.1 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°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 penukar 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.

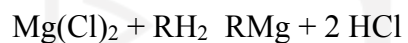
Air keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di tangki penyimpanan (*demin water storage*).

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*



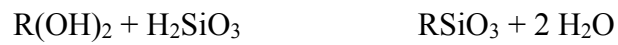
Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 4%.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



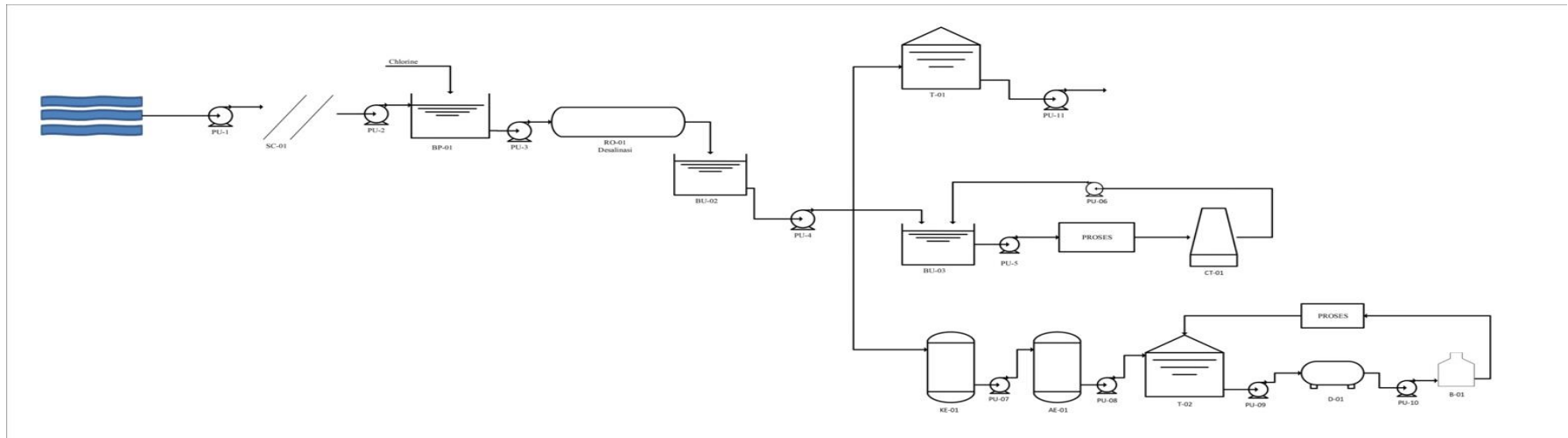
b) *Anion exchanger*





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





Gambar 4.3 Diagram alir Pengolahan Air Utilitas

Keterangan :

1. PU	: Pompa Utilitas	8. T-01	: Tangki Penyimpanan Air Domestik
2. SC-01	: Screening	9. CT-01	: Cooling Tower
3. BP-01	: Bak Pengumpul (Koagulasi dan Flokulasi)	10. KE-01	: Kation Exchanger
4. BP-02	: Bak Pengendap	11. AE-01	: Anion Exchanger
5. BP-03	: Bak Air Proses	12. T-02	: Tangki Penampung Air Boiler
6. BP-04	: Bak Penampungan	13. DE-01	: Deaerator
7. BP-05	: Bak Air Pendingin	14. B-01	: Boiler

4.5.2 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.

4.5.3 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

4.5.4 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 solat 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 bak ekualisasi sebanyak 34721,8 kg/jam
- Jenis : *Centrifugal pump single stage*
- Tipe : *Mixed flow impeller*
- Bahan : *Commercial steel*
- Kapasitas : 168,181 gpm
- IPS : 2,5 in
- Sch No : 40
- Head pompa : 16,3924 ft

Tenaga pompa : 0,69 Hp
 Tenaga motor : 1,5 Hp
 Putaran spesifik : 350 rpm
 Jumlah : 2 buah

2. Pompa Utilitas (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan air umpan menuju RO (SW)
 sebanyak 15624,8 kg/jam
 Jenis : *Centrifugal pump single stage*
 Tipe : *Mixed flow impeller*
 Bahan : *Commercial steel*
 Kapasitas : 75,681 gpm
 IPS : 1,5 in
 Sch No : 40
 Head pompa : 21,667 ft
 Tenaga pompa : 0,414 Hp
 Tenaga motor : 0,75 Hp
 Putaran spesifik : 2520 rpm
 Jumlah : 2 Buah

3. Pompa Utilitas (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan umpan air menuju <i>screener</i> sebanyak 34721,8 kg/jam
Jenis	: <i>Centrifugal pump single stage</i>
Tipe	: <i>Mixed flow impeller</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas	: 168,181 gpm
	IPS : 2,5 in
	Sch No : 40
Head pompa	: 18,7246 ft
Tenaga pompa	: 0,796 Hp
Tenaga motor	: 1,50 Hp
Putaran spesifik	: 4192 rpm
Jumlah	: 2 buah

4. Pompa Utilitas (PU-04)

Fungsi	: Mengalirkan air <i>anion exchanger</i> menuju tangki denim sebanyak 1206,5 kg/jam
Jenis	: <i>Centrifugal pump single stage</i>
Tipe	: <i>Mixed flow impeller</i>
Bahan	: <i>Commercial steel</i>

Kapasitas : 5,844 gpm
 IPS : 1,25 in
 Sch No : 40

Head pompa : 6,934 ft

Tenaga pompa : 0,414 Hp

Tenaga motor : 0,50 Hp

Putaran spesifik : 1646 rpm

Jumlah : 2 Buah

5. Pompa Utilitas (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan umpan reactor sebanyak 6254,6
 kg/jam

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 30,295 gpm
 IPS : 1,25 in

Sch No : 40

Head pompa : 10,4902 ft

Tenaga pompa : 0,0803 Hp

Tenaga motor : 0,50 Hp

Putaran spesifik : 2747 rpm
 Jumlah : 2 Buah

6. Pompa Utilitas (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan umpan reaktor seanyak 6245,6
 kg/jam
 Jenis : *Centrifugal pump single stage*
 Tipe : *Mixed flow impeller*
 Bahan : *Commercial steel*
 Kapasitas : 30,295 gpm
 IPS : 1,25 in
 Sch No : 40
 Head pompa : 19,811 ft
 Tenaga pompa : 0,151 Hp
 Tenaga motor : 0,50 Hp
 Putaran spesifik : 1705 rpm
 Jumlah : 2 Buah

7. Pompa Utilitas (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air umpan reaktor
 Jenis : *Centrifugal pump single stage*
 Tipe : *Mixed flow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 30,295 gpm

IPS : 1,25 in

Sch No : 40

Head pompa : 10,490 ft

Tenaga pompa : 0,080 Hp

Tenaga motor : 0,50 Hp

Putaran spesifik : 2747 rpm

Jumlah : 2 Buah

8. Pompa Utilitas (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan umpan reaktor sebanyak 23628,1
kg/jam

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Kapasitas : 114,446 gpm

IPS : 2,5 in

Sch No : 40

Head pompa : 11,014 ft

Tenaga pompa : 0,318 Hp

Tenaga motor : 0,75 Hp

Putaran spesifik : 5148 rpm
 Jumlah : 2 buah

9. Pompa Utilitas (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air umpan reaktor sebanyak
 29535,1 kg/jam
 Jenis : *Centrifugal pump single stage*
 Tipe : *Mixed flow impeller*
 Bahan : *Commercial steel*
 Kapasitas : 143,058 gpm
 IPS : 2,5 in
 Sch No : 40
 Head pompa : 11,777 ft
 Tenaga pompa : 0,426 Hp
 Tenaga motor : 1,00 Hp
 Putaran spesifik : 5474 rpm
 Jumlah : 2 Buah

10. Pompa Utilitas (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air umpan reaktor sebanyak
 29535,1 kg/jam
 Jenis : *Centrifugal pump single stage*
 Tipe : *Mixed flow impeller*

Bahan	:	<i>Commercial steel</i>
Kapasitas	:	143,058 gpm
		IPS : 2,5 in
		Sch No : 40
Head pompa	:	21,667 ft
Tenaga pompa	:	0,326 Hp
Tenaga motor	:	0,75 Hp
Putaran spesifik	:	6681 rpm
Jumlah	:	2 buah

11. Bak Ekualisasi

Fungsi : Menampung air dari *screener* dan menyediakan air sebanyak 34721,731 kg/jam untuk diolah serta mengendapkan kotoran yang masih lolos dari *screener* dengan waktu tinggal 4 jam.

Jenis	:	Bak persegi panjang
Bahan	:	Beton bertulang
Panjang	:	8,48 m
Lebar	:	4,24 m
Tinggi	:	4,24 m
Volume	:	152,775 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>
Permeate volumetris	:	15624,778 L/jam
Flux RO	:	15 L/m ² /jam
Area per elements	:	29,729-40,877 m ²
Area per P _{vessel}	:	300-1000 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>
Permeate volumetris	:	27777,384 L/jam
Flux RO	:	35 L/m ² /jam

Area per elements : 29,729-40,877 m²

Area per P_{vessel} : 300-1000 m²

Jumlah membran : 2

Jumlah *housing* : 2

14. Bak Penampung Air

Fungsi : Menampung air sebanyak 34721,731 kg/jam dengan waktu tinggal 8 jam.

Jenis : Bak persegi panjang

Bahan : Beton bertulang

Panjang : 10,69 m

Lebar : 5,34 m

Tinggi : 5,34 m

Volume : 305,551 m³

Jumlah : 1

15. Hot Basin

Fungsi : Menampung air pendingin yang akan didinginkan di *cooling tower* sebanyak 77641,402 kg/jam dengan waktu tinggal 1,5 jam

Jenis : Bak persegi panjang

Bahan	: Beton bertulang
Panjang	: 8 m
Lebar	: 4 m
Tinggi	: 4 m
Volume	: 128,108 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 77641,402 kg/jam dengan waktu tinggal selama 1,5 jam.
Jenis	: Bak persegi panjang

Bahan	:	Beton bertulang
Panjang	:	8 m
Lebar	:	4 m
Tinggi	:	4 m
Volume	:	128,108 m ³
Jumlah	:	1

18. Kation Exchanger

Fungsi	:	Menghilangkan kesadahan air proses yang disebabkan oleh anion sebanyak 1206,495 kg/jam.
Jenis	:	<i>Strongly basic anion exchanger</i>
Luas	:	1,328 ft ²
Diameter	:	1,300 ft
Tinggi bed	:	1,92 ft
Kecepatan aliran	:	4 gpm
Jumlah	:	1

19. Anion Exchanger

Fungsi	:	Menghilangkan kesadahan air proses yang disebabkan oleh anion sebanyak 1206,495 kg/jam.
Jenis	:	<i>Strongly basic anion exchanger</i>
Luas	:	0,758 ft ²

Diameter : 0,98 ft
 Tinggi bed : 6,74 ft
 Kecepatan aliran : 7 gpm
 Jumlah : 1

20. Deaerator

Fungsi : Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O₂ dan CO₂ sehingga mengurangi korosi logam.
 Jenis : Silinder tegak
 Kecepatan Volumetri : 1,206 m³/jam
 Volume : 17,37 m³
 Jumlah : 1

21. Tangki Penampung *Deaerated Water*

Fungsi : Menampung *deaerated water* sebanyak 1206,495 kg/jam.
 Jenis : Bak persegi panjang
 Bahan : Beton bertulang
 Diameter : 1,22 m
 Tinggi : 1,22 m
 Volume : 1,44 m³
 Jumlah : 1

22. Tangki Demin*Water*

Fungsi	:	Menampung air hasil demineralisasi sebanyak 1206,495 kg/jam.
Jenis	:	Bak persegi panjang
Bahan	:	Beton bertulang
Diameter	:	1,19 m
Tinggi	:	1,19 m
Volume	:	1,32 m ³
Jumlah	:	1

23. Tangki Kondensat

Fungsi	:	Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan boiler.
Jenis	:	Tangki silinder tegak
Diameter	:	1,22 m
Tinggi	:	1,22 m
Volume	:	1,44 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 : 4,6 m

Tinggi : 4,6 m

Volume : 80,52 m³

Jumlah : 1

25. Tangki NaOH

Fungsi : Menampung NaOH untuk kebutuhan di *Anion Exchanger* sebanyak 16,258 kg.

Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottom, conical roof*

Diameter : 0,75 m

Tinggi : 0,75 m

Volume : 0,312 m³

Jumlah : 1

26. Tangki HCl

Fungsi : Menampung HCl untuk kebutuhan di *Kation Exchanger* sebanyak 9,290 kg.

Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottom, conical roof*

Diameter : 0,61 m

Tinggi : 0,61 m

Volume : 0,16 m³

Jumlah : 1

27. Tangki Kaporit

Fungsi : Menampung kaporit sebanyak 0,033 kg/jam.

Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottom, conical roof*

Diameter : 0,28 m

Tinggi : 0,56 m

Volume : 0,1129 m³

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 rekayasa 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: *specific 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 Hypoclorite*.

b. Air sisa proses

Limbah dari hasil bawah menara distilasi II berupa 99,5% air dan 0,5% metil akrilat 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	: 22.000 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.

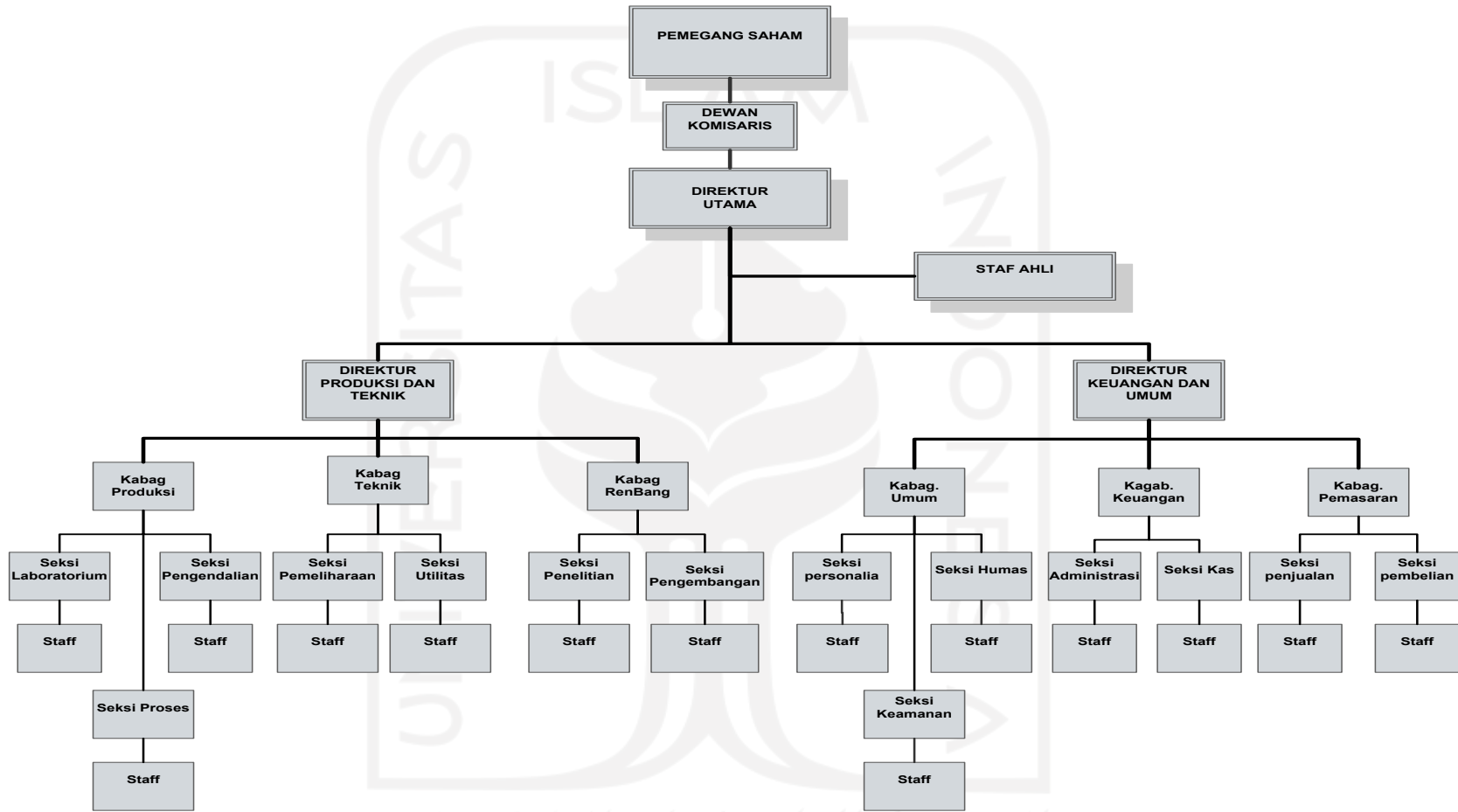
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur Keuangan dan 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. 2 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
- 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	D	D	A	A	B	B	C	C	C	D
Sore	C	C	D	D	A	A	B	B	B	C
Malam	B	B	C	C	D	D	A	A	A	B
Off	A	A	B	B	C	C	D	D	D	A
Hari	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	D	A	A	B	B	B	C	C	D	D
Sore	C	D	D	A	A	A	B	B	C	C
Malam	B	C	C	D	D	D	A	A	B	B
Off	A	B	B	C	C	C	D	D	A	A

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

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
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	2
26	Karyawan Humas	2
27	Karyawan Pembelian	2
28	Karyawan Pemasaran	2
29	Karyawan Administrasi	2
30	Karyawan Kas/Anggaran	2
31	Karyawan Proses	8
32	Karyawan Instrumen	3
33	Karyawan Laboratorium	4

NO	JABATAN	JUMLAH
34	Karyawan Pemeliharaan	5
35	Karyawan Utilitas	4
36	Karyawan K3	4
37	Karyawan Keamanan	4
38	Sekretaris	1
39	Dokter	2
40	Perawat	4
42	Sopir	3
42	Cleaning Service	7
	TOTAL	85

Tabel 4. 8 Perincian Golongan dan Gaji Karyawan

Gol.	Jabatan	Gaji/bulan (Rp)	Kualifikasi
I.	Direktur Utama	Rp. 35.000.000	S1 Pengalaman 10 Tahun
II.	Direktur	Rp. 36.000.000	S1 Pengalaman 10 Tahun
III.	Staff Ahli	Rp. 30.000.000	S1 Pengalaman 5 Tahun
IV.	Kepala Bagian	Rp. 25.000.000	S1 Pengalaman
V.	Kepala Seksi	Rp. 25.000.000	S1 / D3 Pengalaman
VI.	Sekretaris	Rp. 25.000.000	S1 / D3 Pengalaman
VII.	Karyawan	Rp. 10.000.000	S1 / D3 Pengalaman
VIII.	Karyawan biasa	Rp. 7.000.000	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 meringankan 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 setahun.

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.

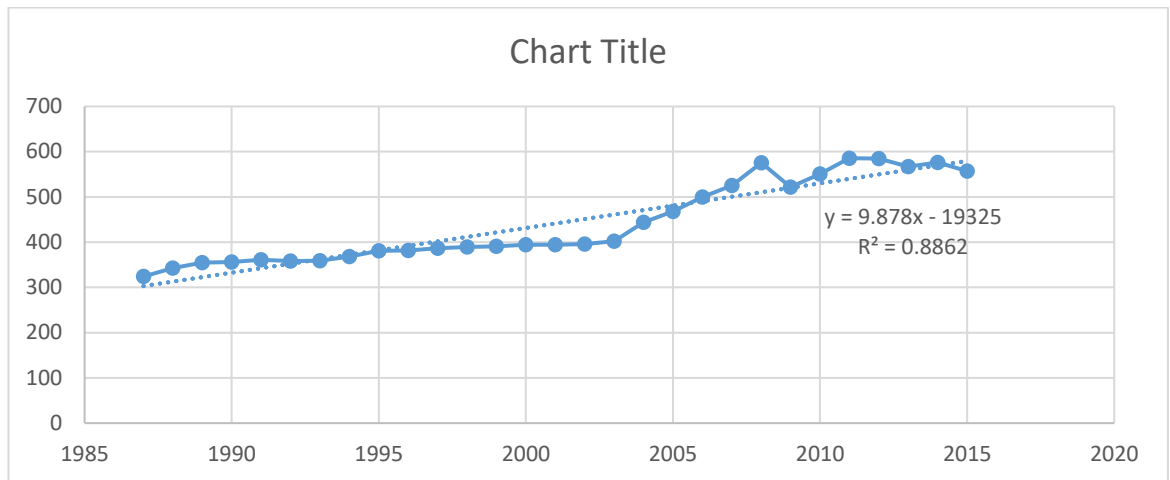
Diasumsikan kenaikan harga setiap tahun adalah linear, sehingga dapat ditentukan indeks nilai pada tahun tertentu.

Tabel 4. 9 . Indeks Harga Alat

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2025	2014	2025
Tangki metanol	T-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 355.100,00	\$ 417.878,92
Tangki asam akrilat	T-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 284.600,00	\$ 334.915,07
Tangki asam sulfat	T-03	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 34.800,00	\$ 40.952,37
Tangki xilene	T-04	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 131.500,00	\$ 154.748,18
Reaktor 01	R-01	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 956.900,00	\$ 2.252.144,96
Reaktor 02	R-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 617.700,00	\$ 726.904,56
Menara Destilasi 01	MD-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 500.000,00	\$ 588.396,11
Menara Destilasi 02	MD-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 456.000,00	\$ 536.617,25
Kondensor total 01	CD-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 900,00	\$ 1.059,11
reboiler 01	RB-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
Akumulator 01	ACC-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 2.600,00	\$ 3.059,66
Kondensor total 02	CD-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 800,00	\$ 941,43
reboiler 02	RB-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
akumulator 02	ACC-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 2.100,00	\$ 2.471,26
dekanter	DC	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 18.700,00	\$ 22.006,01
Kondensor total 03	CD-03	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 1.100,00	\$ 1.294,47
Cooler 01	CL-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 700,00	\$ 823,75
Cooler 02	CL-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 1.000,00	\$ 1.176,79
Blower 1	BL-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 1.400,00	\$ 1.647,51
Blower 2	BL-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 1.100,00	\$ 1.294,47
Heater 1	HE-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 700,00	\$ 823,75
Heater 2	HE-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
Heater 3	HE-03	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
Heater 4	HE-04	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
Heater 5	HE-5	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
Heater 6	HE-6	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 600,00	\$ 706,08
Pompa 1	P-01	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 2	P-02	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 3	P-03	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 4	P-04	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 5	P-05	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 6	P-06	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 7	P-07	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 8	P-08	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 9	P-09	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 8.900,00	\$ 10.473,45
Pompa 10	P-10	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 8.900,00	\$ 10.473,45
Pompa 11	P-11	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 12	P-12	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 13	P-13	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Pompa 14	P-14	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 5.800,00	\$ 6.825,39
Tangki produk	TK-06	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 355.100,00	\$ 417.878,92
Filter	F	1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 132.100,00	\$ 155.454,25
Total		43				\$ 5.114.574,36

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2022	2014	2022
Screening		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
bak equalisasi		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 47.100	\$ 55.426,91
RO (sw)		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 10.000	\$ 11.767,92
RO (bw)		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 3.300	\$ 3.883,41
bak penampung air		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 74.200	\$ 87.317,98
hot basin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 25.200	\$ 29.655,16
cooling tower		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
blower		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
cold basin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 25.100	\$ 29.537,48
tangki kation anion		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
deacerator		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 7.500	\$ 8.825,94
tangki penampung deaerator		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 37.500	\$ 44.129,71
tangki demin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 7.000	\$ 8.237,55
tangki kondensat		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 7.500	\$ 8.825,94
tangki sanitasi		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 34.900	\$ 41.070,05
tangki hcl		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 1.900	\$ 2.235,91
pompa 1	PU-01	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 2	PU-02	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 3	PU-03	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 4	PU-04	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 5	PU-05	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 6	PU-06	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 7	PU-07	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 8	PU-08	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 9	PU-09	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 10	PU-10	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
tangki naoh		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 2.900	\$ 3.412,70
tangki kaporit		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 400	\$ 470,72
jumlah		38			\$ 455.300	\$ 691.130,07

الجمهورية العربية السورية
البنك المركزي السوري



Gambar 4. 3 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 2025 adalah 648,316.

Harga alat dan lainnya diperkirakan pada tahun evaluasi (2025) dan dilihat dari grafik pada referensi. Untuk mengestimasi harga alat tersebut pada masa 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:

$$Eb = Ea \left(\frac{Cb}{Ca} \right)^x$$

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 : 22.000 ton/tahun
- b) Satun tahun operasi : 330 hari
- c) Pabrik didirikan tahun: 2025
- d) Nilai kurs dollar 2018 : \$ 1 = Rp 15.000
- 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.

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

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 pabrik 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 metil akrilat \$ 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

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2022	2014	2022
Screening		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
bak equalisasi		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 47.100	\$ 55.426,91
RO (sw)		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 10.000	\$ 11.767,92
RO (bw)		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 3.300	\$ 3.883,41
bak penampung air		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 74.200	\$ 87.317,98
hot basin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 25.200	\$ 29.655,16
cooling tower		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
blower		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
cold basin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 25.100	\$ 29.537,48
tangki kation anion		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 11.414,88
deaerator		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 7.500	\$ 8.825,94
tangki penampung deaerator		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 37.500	\$ 44.129,71
tangki demin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 7.000	\$ 8.237,55
tangki kondensat		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 7.500	\$ 8.825,94
tangki sanitasi		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 34.900	\$ 41.070,05
tangki hcl		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 1.900	\$ 2.235,91
pompa 1	PU-01	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 2	PU-02	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 3	PU-03	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 4	PU-04	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 5	PU-05	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 6	PU-06	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 7	PU-07	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 8	PU-08	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 26.360,15
pompa 9	PU-09	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
pompa 10	PU-10	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 35.774,48
tangki naoh		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 2.900	\$ 3.412,70
tangki kaporit		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 400	\$ 470,72
jumlah		38			\$ 455.300	\$ 691.130,07

Tabel 4. 11 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY		NX		EY		EX	
			2014	2022	2022	2014	2014	2022		
Screening		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 9.700	\$ 11.414,88	\$ 11.414,88	
bak equalisasi		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 47.100	\$ 47.100	\$ 55.426,91	\$ 55.426,91	
RO (sw)		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 11.767,92	\$ 11.767,92	
RO (bw)		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 3.300	\$ 3.300	\$ 3.883,41	\$ 3.883,41	
bak penampung air		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 74.200	\$ 74.200	\$ 87.317,98	\$ 87.317,98	
hot basin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 25.200	\$ 25.200	\$ 29.655,16	\$ 29.655,16	
cooling tower		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 9.700	\$ 11.414,88	\$ 11.414,88	
blower		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 9.700	\$ 11.414,88	\$ 11.414,88	
cold basin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 25.100	\$ 25.100	\$ 29.537,48	\$ 29.537,48	
tangki kation anion		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 9.700	\$ 9.700	\$ 11.414,88	\$ 11.414,88	
deacerator		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 7.500	\$ 7.500	\$ 8.825,94	\$ 8.825,94	
tangki penampung deacerator		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 37.500	\$ 37.500	\$ 44.129,71	\$ 44.129,71	
tangki demin		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 7.000	\$ 7.000	\$ 8.237,55	\$ 8.237,55	
tangki kondensat		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 7.500	\$ 7.500	\$ 8.825,94	\$ 8.825,94	
tangki sanitasi		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 34.900	\$ 34.900	\$ 41.070,05	\$ 41.070,05	
tangki hcl		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 1.900	\$ 1.900	\$ 2.235,91	\$ 2.235,91	
pompa 1	PU-01	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 15.200	\$ 35.774,48	\$ 35.774,48	
pompa 2	PU-02	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 15.200	\$ 35.774,48	\$ 35.774,48	
pompa 3	PU-03	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 15.200	\$ 35.774,48	\$ 35.774,48	
pompa 4	PU-04	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 11.200	\$ 26.360,15	\$ 26.360,15	
pompa 5	PU-05	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 11.200	\$ 26.360,15	\$ 26.360,15	
pompa 6	PU-06	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 11.200	\$ 26.360,15	\$ 26.360,15	
pompa 7	PU-07	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 11.200	\$ 26.360,15	\$ 26.360,15	
pompa 8	PU-08	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 11.200	\$ 11.200	\$ 26.360,15	\$ 26.360,15	
pompa 9	PU-09	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 15.200	\$ 35.774,48	\$ 35.774,48	
pompa 10	PU-10	2	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 15.200	\$ 15.200	\$ 35.774,48	\$ 35.774,48	
tangki naoh		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 2.900	\$ 2.900	\$ 3.412,70	\$ 3.412,70	
tangki kaporit		1	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 400	\$ 400	\$ 470,72	\$ 470,72	
jumlah		38	\$ 576,10	\$ 677,95	\$ 677,95	\$ 455.300	\$ 455.300	\$ 691.130,07	\$ 691.130,07	

a) *Purchased Equipment Cost (PEC)*

Harga pembelian alat proses dan alat utilitas dari tempat pembelian.

$$\text{Alat proses} = \$ 5.114.574$$

$$\text{Alat utilitas} = \$ 691.130$$

$$\text{Total PEC} = \text{alat proses} + \text{alat utilitas}$$

$$= \$ 5.805.704$$

$$= \text{Rp. } 87.085.566.525$$

b) *Delivered Equipment Cost (DEC)*

$$\text{Biaya pengangkutan} = 15\% \text{ PEC}$$

$$= 15\% \times \$ 5.805.704$$

$$= \$ 870.855,67$$

$$\text{Biaya administrasi \& pajak} = 10\% \text{ PEC}$$

$$= \$ 580.570,44$$

$$\text{Total DEC} = \$ 1.451.426,11$$

$$= \text{Rp. } 21.771.391.631$$

c) Biaya Pemasangan (*Instalation Cost*)

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

Material	= 11%PEC
	= 638.627,49
	= Rp. 9.579.412.318
Labor	= 32%PEC
	= \$ 1.857.825,42
Tenaga asing	= 5%Labor
	= \$ 92.891,27
Tenaga Indonesia	= 95%Labor x 2 x (Rp.15.000 / \$ 20)
	= Rp. 2.647.401.222
Total biaya instalasi	= \$ 908.012,17
	= Rp.13.620.182.604

d) Biaya Pemipaan (*Piping Cost*)

Material	= 49% PEC
	= \$ 2.844.795,17
Labor	= 37% PEC
	= \$ 2.148.110,64
Tenaga asing	= \$ 107.405,53
Tenaga Indonesia	= Rp. 3.061.057,663
	= \$ 204.070,51

Total biaya pemipaan = \$ 3.156.271,22
 = Rp. 47.344.068.241,27

e) Biaya Instrumentasi (*Instrumentation Cost*)

Material = 24% x PEC
 = \$ 1.393.369,06
 Labor = 6% x PEC
 = \$ 348.342,27
 Tenaga asing = \$ 17.417,11
 Tenaga Indonesia = Rp. 496.387.729,19
 = \$ 33.092,52
 Total biaya = \$ 1.443.878,69
 = Rp. 21.658.180.395

f) Biaya Isolasi (*Insulation Cost*)

Material = 3%PEC
 = \$ 174.171,13
 Labor = 5%PEC
 = \$ 290.285,22
 Tenaga asing = \$ 14.514,26
 Tenaga Indonesia = Rp. 413.656.440,99
 = \$ 27.577,10
 Total biaya insulasi = \$ 216.262,49
 = Rp. 3.243.937.353

Biaya Listrik (*Electrical Cost*)

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

$$\begin{aligned} \text{Total biaya listrik} &= 15\% \text{ PEC} \\ &= \$ 870.855,67 \\ &= \text{Rp. } 13.062.834.978,74 \end{aligned}$$

g) Biaya Bangunan (*Building Cost*)

$$\begin{aligned} \text{Luas bangunan} &= 29100 \text{ m}^2 \\ \text{Harga bangunan} &= \text{Rp. } 10.000.000 / \text{m}^2 \\ \text{Total biaya bangunan} &= \text{Luas} \times \text{Harga} \\ &= \text{Rp. } 291.000.000.000 \\ &= \$ 19.400.000 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah} &= 37975 \text{ m}^2 \\ \text{Harga tanah} &= \text{Rp. } 3.500.000 / \text{m}^2 \\ \text{Total harga tanah} &= \text{Luas} \times \text{Harga} \\ &= \text{Rp. } 132.912.500.000 \\ &= \$ 8.860.833,33 \end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Data Physical Plant Cost (PPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Purchased Equipment cost	Rp 87.085.566.525	\$ 5.805.704
2	Delivered Equipment Cost	Rp 21.771.391.631	\$ 1.451.426
3	Instalasi cost	Rp 13.620.182.604	\$ 908.012
4	Pemipaan	Rp 47.344.068.241	\$ 3.156.271
5	Instrumentasi	Rp 21.658.180.395	\$ 1.443.879
6	Insulasi	Rp 3.243.937.353	\$ 216.262
7	Listrik	Rp 13.062.834.979	\$ 870.856
8	Bangunan	Rp 291.000.000.000	\$ 19.400.000
9	Land & Yard Improvement	Rp 132.912.500.000	\$ 8.860.833
	Total	Rp631.698.661.728	\$ 42.113.244

a) *Engineering and Construction*

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

$$\begin{aligned}
 \text{Engineering and Construction} &= 20\% \text{PPC} \\
 &= \$ 8.422.648,82 \\
 &= \text{Rp. } 126.339.732.345,69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DPC (Direct Plant Cost)} &= \$ 50.535.892,94 \\
 &= \text{Rp. } 758.038.394.074
 \end{aligned}$$

b) *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.

$$\begin{aligned}
 \text{Contractor's fee} &= \$ 2.021.435,72 \\
 &= \text{Rp. } 30.321.535.762,96
 \end{aligned}$$

c) *Contingency*

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

$$\begin{aligned}
 \text{Contingency} &= \$ 5.053.589,29 \\
 &= \text{Rp. } 75.803.839.407,41
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 13 Data Fixed Capital Investment (FCI)

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
1	Direct Plant Cost	Rp 758.038.394.074	Rp 50.535.893
2	Contractor's fee	Rp 92.188.911.908	Rp 6.145.927
3	Contingency	Rp 75.803.839.407	Rp 5.053.589
	Jumlah	Rp 926.031.145.390	Rp 61.735.410

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	426,8	43.584.652,8	10.020	186.396.111.947
2	Metanol	861	19.723.648,0320	7.157,40	141.170.038.424
3	Asam Sulfat	578,1	1.266.138,7200	790,45	1.000.818.085
4	Xilene	861,0	4.650.433,1280	14.371	66.831.374.482
TOTAL					395.398.342.939

a. Tenaga Kerja

Pekerja yang berhubungan langsung dengan produksi

Total biaya tenaga kerja = Rp. 16.105.068.000,00

= \$ 1.073.671,20

b. *Supervisor*

Biaya *supervisor* biasanya berkisar antara 10% sampai 25% dari *labor cost*.

Pada analisa kali ini diambil biaya *supervisor* sebesar 20% dari *labor cost*.

Biaya *supervisor* = 20% Labor

= Rp. 1.932.608.160

= \$ 128.840,54

c. *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*.

Maintenance = 2% FCI

= Rp.37.041.245.816

= \$ 2.469.416,39

d. *Plant Supplies*

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

Plant Supplies = 15% *Manintenance*

= Rp. 5.556.186.872,34

= \$ 370.412,46

e. *Royalties and Patents*

Nilai dari royalti dan paten biasanya berkisar antara 1 sampai 5 %. Rincian penjualan produk *Methyl Acrylate* sebagai beriku:

Produksi = 22.000.000 kg/tahun

Harga = \$ 4,2 /Kg

Total harga = \$ 92.400.000,00 /tahun
 = Rp. 1.386.000.000.000,00 /tahun

Royalties & patents = 1% harga penjualan
 = Rp 69.300.000.000,00
 = \$ 4.620.000,00

f. Utilitas

Biaya kebutuhan utilitas = Rp. 3.159.272.680,00
 = \$ 210.618,18

Tabel 4. 15 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw material	395.398.342.939	26.359.890
2	Labor	16.105.068.000	1.073.671
3	Supervision	1.932.608.160	128.841
4	Manitenance	37.041.245.816	2.469.416
5	Plant supplies	5.556.186.872	370.412
6	Royalty and patents	69.300.000.000	4.620.000
7	Utilitas	3.159.272.680	210.618
Total DMC		528.492.724.467	35.232.848

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*.

Payroll overhead = 15% Labor
 = Rp. 3.22.013.600
 = \$ 214.734,24

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*.

$$\begin{aligned} \text{Laboratory} &= 10\% \text{ Labor} \\ &= \text{Rp. } 1.610.506.800 \\ &= \$ 107.367,12 \end{aligned}$$

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*.

$$\begin{aligned} \text{Plant overhead} &= 80\% \text{ Labor} \\ &= \text{Rp. } 15.299.814.600 \\ &= \$ 1.019.987,64 \end{aligned}$$

d. *Packaging and Shipping*

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

$$\begin{aligned} \text{Packaging and Shipping} &= 5\% \text{ Sales Price} \\ &= \text{Rp. } 69.300.000.000,00 \\ &= \$ 4.620.000,00 \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 . Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll overhead</i>	3.221.013.600	214.734
2	<i>Laboratory</i>	1.610.506.800	107.367
3	<i>Plant overhead</i>	15.299.814.600	1.019.988
4	<i>Packaging and shipping</i>	69.300.000.000	4.620.000
Total IMC		89.431.335.000	5.962.089

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.

$$\begin{aligned} \text{Depreciation} &= 8\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. } 92.603.114.538,95 \\ &= \$ 6.173.540,97 \end{aligned}$$

b. *Property Taxes*

Nilainya berkisar antara 1 sampai 2% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned} \text{Property Taxes} &= 2\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. } 18.520.622.908 \\ &= \$ 1.234.708,19 \end{aligned}$$

c. *Insurance*

Nilai *Insurance* biasanya 1% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned} \text{Insurance} &= 1\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. } 9.260.311.454 \\ &= \$ 617.354,10 \end{aligned}$$

Tabel 4. 17 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	92.603.114.539	6.173.541
2	<i>Property taxes</i>	18.520.622.908	1.234.708
3	<i>Insurance</i>	9.260.311.454	617.354
Total FMC		120.384.048.901	8.025.603

Tabel 4. 18 Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	528.492.724.467	35.232.848
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	89.431.335.000	5.962.089
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	120.384.048.901	8.025.603
Total Manufacturing Cost		738.308.108.367	49.220.541

4) *Working Capital*

a) *Raw Material Inventory*

Persediaan bahan baku untuk kebutuhan produksi selama 7 hari.

Raw material inventory = Rp. 8.387.237.577,49

= \$ 559.149,17

b) *Inprocess Inventory*

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

Inprocess Inventory = Rp. 7.830.540.543

= \$ 522.036,04

c) *Product Inventory*

Biaya penyimpanan produk sebelum dikirim ke konsumen selama 7 hari.

Product Inventory = Rp. 15.661.081.086,58

= \$ 1.044.072,07

d) *Extended Credit*

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

$$\begin{aligned} \text{Extended Credit} &= \text{Rp. } 29.400.000.000,00 \\ &= \$ 1.960.000,00 \end{aligned}$$

e) *Available Cash*

Dana untuk pembayaran gaji, jasa, dan material selama 7 hari.

$$\begin{aligned} \text{Available Cash} &= \text{Rp. } 15.661.081.086,58 \\ &= \$ 1.044.072,07 \end{aligned}$$

Tabel 4. 19 Working Capital (WC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	8.387.237.577	559.149
2	<i>Inprocess Inventory</i>	7.830.540.543	522.036
3	<i>Product Inventory</i>	15.661.081.087	1.044.072
4	<i>Extended Credit</i>	29.400.000.000	1.960.000
5	<i>Available Cash</i>	15.661.081.087	1.044.072
Total Working Capital		76.939.940.294	5.129.329

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)

$$\begin{aligned} \text{Administration} &= 3\% \text{ manufacturing cost} \\ &= \text{Rp. } 22.149.243.251,02 \\ &= \$ 1.476.616,22 \end{aligned}$$

b) *Sales Expense*

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

$$\begin{aligned} \text{Sales Expense} &= 15\% \text{ manufacturing cost} \\ &= \text{Rp. } 110.746.216.255,08 \\ &= \$ 7.383.081,08 \end{aligned}$$

c) *Research*

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

$$\begin{aligned} \text{Research} &= 5\% \text{ manufacturing cost} \\ &= \text{Rp. } 36.915.405.418,36 \\ &= \$ 2.461.027,03 \end{aligned}$$

d) *Finance*

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

$$\begin{aligned} \text{Finance} &= 2\% \times \text{Capital Investment} \\ &= \text{Rp. } 20.059.421.713,67 \\ &= \$ 1.337.294,78 \end{aligned}$$

Tabel 4. 20 *General Expense (GE)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	22.149.243.251	1.476.616
2	<i>Sales Expense</i>	110.746.216.255	7.383.081
3	<i>Research</i>	36.915.405,418	2.461.027
4	<i>Finance</i>	20.059.421.714	1.337.295
Total General Expense		189.870.286.638	12.658.019

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

$$= \text{Rp. } 928.178.395.005$$

$$= \$ 61.878.559,67$$

6) Analisa keuntungan

Total penjualan = Rp. 1.386.000.000.000

Total *production cost* = Rp. 928.178.395.005

Keuntungan sebelum pajak = Rp. 457.821.604.995

Pajak 25% dari keuntungan = Rp. 238.067.234.597

Keuntungan setelah pajak = Rp. 219.754.370.397

a) Return on Investment (ROI)

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

$$ROI_b = (\text{keuntungan sebelum pajak} / \text{fixed capital}) \times 100\%$$

$$= 49,44\%$$

b. ROI sesudah pajak

$$ROI_a = (\text{keuntungan sebelum pajak} / \text{fixed capital}) \times 100\%$$

$$= 23,73\%$$

b) Pay Out Time (POT)

a. POT sebelum pajak

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

$$POT_b = \frac{\text{Rp. } 151.170.267.544}{\text{Rp. } 41.416.265.988 + \text{Rp. } 15.117.026.754}$$

$$POT_b = 1,68 \text{ tahun}$$

b. POT sesudah pajak

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

$$POT_b = \frac{Rp. 151.170.267.544}{Rp. 19.879.897.674 + Rp. 15.117.026.754}$$

$$POT_b = 3,0 \text{ tahun}$$

c) Break Event Point (BEP)

a. *Fixed Cost* (Fa)

Perhitungan *fixed cost* terdiri dari:

Depresiasi = Rp. 92.603.114.539

= \$ 6.173.541

Property Taxes = Rp. 18.520.622.908

= \$ 1.234.708

Asuransi = Rp 9.260.311.454

= \$ 617.354

Total nilai Fa = Rp. 120.384.048.901

= \$ 8.025.603

b. *Regulated Cost* (Ra)

Perhitungan *regulated cost* terdiri dari:

Gaji karyawan = Rp. 16.105.068.000

= \$ 1.073.671

Payroll overhead = Rp. 3.221.013.600

= \$ 214.734

Supervision = Rp. 16.951.440.955

= \$ 1.130.096
Plant overhead = Rp. 15.299.814.600
 = \$ 1.019.988

Laboratorium = Rp. 1.610.506.800

= \$ 107.367

General Expense = Rp. 189.870.286.638

= \$ 12.658.019

Maintenance = Rp. 37.041.245.816

= \$ 2.469.416

Plant Supplies = Rp. 5.556.186.872

= \$ 370.412

Total nilai Ra = Rp. 285.655.563.281

= \$ 19.043.704

c. *Variabel Cost (Va)*

Perhitungan *variabel cost* terdiri dari:

Raw material = Rp. 395.398.342.939

= \$ 111.443.704

Packaging and Shipping = Rp. 69.300.000.000

= \$ 4.620.000

Utilitas = Rp. 3.159.272.680

= \$ 210.618

Royalty & Patent = Rp. 69.300.000.000

= \$ 4.260.000

$$\begin{aligned}\text{Total nilai Va} &= \text{Rp. 537.157.615.619} \\ &= \$ 67.822.931\end{aligned}$$

d. *Sales (Sa)*

$$\text{Biaya sales} = \text{Rp. 1.386.000.000.000}$$

$$\text{Maka nilai BEP} = 41,98\%$$

d) *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 13,21\%$$

e) *Discounted Cash Flow Rate*

$$\text{Umur pabrik} = 8 \text{ tahun}$$

$$\text{Salvage value} = \text{depresiasi}$$

$$= \text{Rp. 36.190.719.150}$$

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

$$= \text{Rp. 332.416.906.650}$$

$$\text{Working capital} = \text{Rp. 6.258.065.725.111}$$

$$\text{FCI} = \text{Rp. 926.031.145.390}$$

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 6,75%. Pada perhitungan ini diperoleh nilai DCF sebesar 7,43%.

Tabel 4. 21 . Analisa Kelayakan

No	Kriteria	Terhitung	Syarat
1	<i>Return on Investment</i> - ROI sebelum pajak - ROI setelah pajak	49,44% 23,73%	Minimal 11% untuk pabrik beresiko rendah
2	<i>Pay Out Time</i> - POT sebelum pajak - POT setelah pajak	2 3	Maksimal 5 tahun untuk pabrik beresiko rendah
3	<i>Break Event Point</i>	41,98%	40 – 60%
4	<i>Shut Down Point</i>	13,21%	
5	<i>Discounted Cash Flow</i>	7,43%	Minimal 14,625%

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam prarancangan pabrik *Methyl Acrylate* melalui proses esterifikasi asam akrilat dan metanol dengan kapasitas 22.000 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 33.100 m² dengan jumlah karyawan 150 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 rendah.
4. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi, maka diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a) Keuntungan pabrik sebelum pajak diperoleh sebesar Rp. 41.416.265.988.
Sedangkan keuntungan pabrik setelah pajak diperoleh sebesar Rp. 19.879.807.674.

- b) Nilai ROI sebelum pajak sebesar 27,40% 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 2,67 tahun dan sesudah pajak adalah 4,32 tahun. Nilai ini berada dibawah POT maksimum yang besarnya 5 tahun untuk pabrik beresiko rendah.
 - d) Diperoleh nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 53,24%. Untuk pabrik di Indonesia nilai BEP sekitar 40% sampai 60%.
 - e) Diperoleh nilai *shut down point* (SDP) sebesar 31,06%
 - 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 22.000 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
- 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.
- Kern,D.Q., 1950, “Process Heat Transfer”, Mc.Graw Hill International Book Co., Tokyo.
- 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.
- Powell,S.T., 1954, “Water Conditioning for Industry”, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
- Treyball, R..E., 1980, “ Mass Transfer Operations”, 3rd ed., McGraw Hill Book Company Inc., New York.

LAMPIRAN

LAMPIRAN PERHITUNGAN REAKTOR

PERHITUNGAN REAKTOR

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara asam akrilat, *xylene*, dan methanol dengan bantuan katalis asam sulfat.

Jenis : *Continous Stirred Tank Reactor* (susunan seri dengan 3 buah *reactor*)

Kondisi Operasi : Suhu : 80C
 Tekanan : 1 atm
 Waktu Tinggal : 1,17 jam

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.

Data Bahan Baku :

Komponen	BM
CH ₂ CHCOOH	72,06
XYLENE	106,16
CH ₃ OH	32,04
H ₂ SO ₄	98,08

A. Kinetika Reaksi



$$(-r_a) = k \cdot C_a \cdot C_b$$

$(-r_a)$ = Laju Reaksi CH₂CHCOOH, kmol/m³ jam

k = konstanta laju reaksi, m³/kmol.jam

C_a = konsentrasi CH₂CHCOOH, kmol/m³

C_b = konsentrasi CH₃OH, kmol/m³

Berdasarkan referensi, didapatkan :

1. Konversi sebesar = 0,98
2. Reaksi berlangsung dalam reactor alir tanki berpengaduk (RATB)
3. Waktu reaksi yang dibutuhkan = 1,17 jam.
4. Suhu operasi = 80°C = 353 K

Data Densitas

Komponen	A	B	n	Tc
CH ₂ CHCOOH	0,34565	0,25822	0,30701	615
CH ₃ OH	0,27197	0,27192	0,2331	512,58
H ₂ SO ₄	0,42169	0,19356	0,2857	925
XYLENE	0,27984	0,26003	0,279	616,26

Menghitung kecepatan laju alir volumetrik (Fv)

$$F_v = \frac{\text{massa campuran } \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}}\right)}{\text{densitas campuran } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = 4965,439 \text{ L/jam}$$

Menghitung konsentrasi umpan

$$\text{Konsentrasi CH}_2\text{CHCOOH (Cao)} = \frac{32,59372}{4965,439782} = 6,564 \text{ m}^3$$

$$\text{Konsentrasi CH}_3\text{OH (Cbo)} = \frac{45,12861}{4965,439782} = 9,088 \text{ m}^3$$

Optimasi Reaktor

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

$$F_v \cdot C_{Ao} - F_v C_A - (-r_A) \cdot V = 0$$

$$F_v (C_{Ao} - C_A) = (-r_A) \cdot V$$

$$\frac{F_v (C_{Ao} - (C_{Ao} - C_{Ao} x))}{k C_A C_B}$$

$$V = \frac{F_v C_{Ao} x}{k (C_{Ao} (1-x)) \cdot (C_{Bo} - C_{Ao} x)} \cdot \frac{C_{Ao}}{C_{Ao}}$$

$$M = C_{Bo}/C_{Ao}$$

$$V = \frac{F_v C_{Ao} \cdot X}{k C_{Ao} (1-X) \cdot C_{Ao} (M-X)}$$

$$V = \frac{F_v X}{k C_{Ao} (1-X) \cdot (M-X)}$$

Dapat di simpulkan bahwa persamaan volume untuk RATB adalah

$$V = \frac{Fv X}{k CAo (1 - X). (M - X)}$$

Untuk lebih dari 1 reaktor ; dengan n adalah jumlah reaktor

$$V = \frac{Fv (Xn - Xn - 1)}{k CAo (1 - Xn). (M - Xn)}$$

Untuk mencari konversi reaktor ke n :

$$(Xn - Xn - 1) = \frac{V.k CAo (1 - Xn). (M - Xn)}{Fv}$$

$$(Xn - 1) = Xn - \frac{V.k CAo (1 - Xn). (M - Xn)}{Fv}$$

Dengan data : $XA1 = 0,98$

$$: k = 15,769 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$: Fv = 4,965 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diperoleh optimasi :

1. Jumlah Reaktor : 1

$$(Xn - 1) = Xn - \frac{V.k CAo (1 - Xn). (M - Xn)}{Fv}$$

$$XAo = 0$$

$$XA = 0,98$$

$$V = 4,965 \text{ m}^3$$

2. Jumlah Reaktor : 2

$$XAo = 0$$

$$XA 1 = 0,87$$

$$XA 2 = 0,98$$

$$V1=V2 = 0,639 \text{ m}^3$$

3. Jumlah Reaktor : 3

$$X_{A0} = 0$$

$$X_{A1} = 0,077$$

$$X_{A2} = 0,934$$

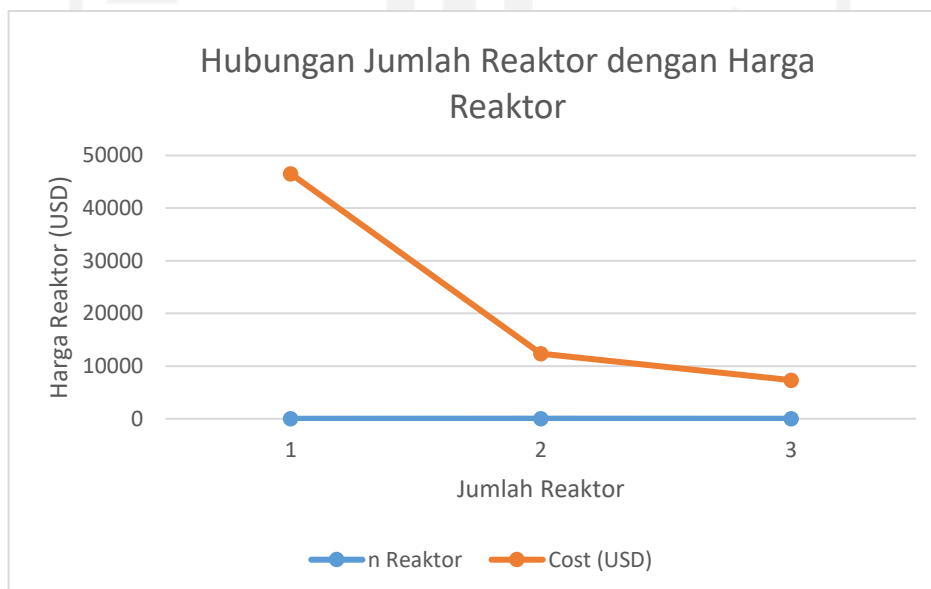
$$X_{A3} = 0,98$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = 0,266 \text{ m}^3$$

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Harga reaktor didapat dari

<http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html>. Dipilih stainless stell sebagai bahan pembuat reaktor.

n	V (gallon)	Vshell (m ³)	Cost (USD)	Total Cost (USD)
1	1534,724	5,809	46550,110	46550
2	168,814	0,639	12380,790	24762
3	70,4197	0,266	7326,877	21981



Tabel 1. Komposisi dengan Perhitungan Kapasitas Reaktor

Umpan Masuk:

komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	72,060	2348,703	32,59372
XYLENE	106,160	587,175	5,531
CH ₃ OH	32,040	1445,920	45,128
H ₂ SO ₄	98,080	5,041	0,051

Umpan Recycle

komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	72,060	34,680	0,481
XYLENE	106,160	24,276	0,228
CH ₃ OH	32,040	120,389	3,757
H ₂ SO ₄	98,080	155,069	1,581
CH ₂ CHCOOCH ₃	86,090	19,817	0,230
H ₂ O	18,010	124,352	6,904

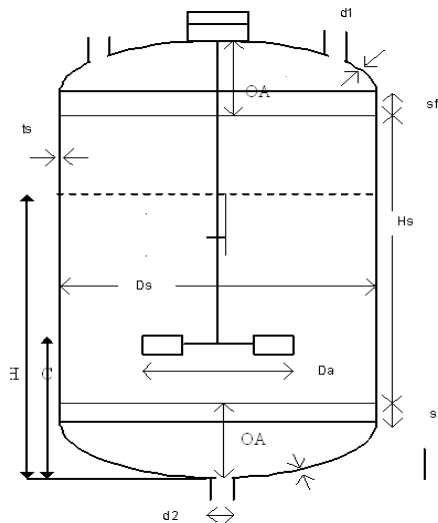
Total umpan masuk dan *recycle* adalah 478,585 kg/jam

Umpan Keluar:

komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	72,060	270,079	3,747
XYLENE	106,160	305,986	2,882
CH ₃ OH	32,040	1134,986	35,424
H ₂ SO ₄	98,080	159,237	1,623
CH ₂ CHCOOCH ₃	86,090	479,274	5,567
H ₂ O	18,010	256,029	14,215

Total umpan keluar = 2605,592 kg/jam

Menghitung Dimensi Reaktor



Keterangan :

- Ds = Diameter *shell*
- Hs = Tinggi *shell*
- OA = Tinggi *dish*
- ts = Tebal *shell*
- th = Tebal *dish*
- d₁ = Diameter *inlet*
- d₂ = Diameter *outlet*
- C = Jarak propeller dengan dasar tangki
- H = Tinggi liquid

Untuk torispherical dished head :

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor(1 : 1,5)

V over design = 121,084 m³

$$V_{over\ design} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$V_{over\ design} = D^3 \cdot \frac{1,5}{4} \pi$$

$$D_s = \sqrt[3]{\frac{4 \times 121,0848314}{3,14 \times 1,5}}$$

$$D_s = 6,139 \quad (1 \text{ in} = 0,024 \text{ m}) \quad (1 \text{ m} = 3,280)$$

$$D_s = 241,696 \text{ in}$$

$$H = 1,5 * D$$

$$H = 9,208 \text{ m}$$

Bentuk reaktor dipilih *vertical vessel* dengan *torispherical dished head*

(Brownell & young hal 88)

dasar pemilihan digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam 1 atm .

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

Dimana :

D_s : diameter shell, in

V_{dish} : volume dish , ft³

(Pers. 5.11, Brownell, hal 88)

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \times (241,696)^3$$

$$= 691,842 \text{ ft}^3$$

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

Dipilih sf : 2 in

$$V_{\text{sf}} = 636,909 \text{ in}^3 = 0,36 \text{ ft}^3$$

V_{head}

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

$$V_{\text{head}} = 1384,421 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{head}} = 39,20 \text{ m}^3 \quad (1 \text{ ft}^3 = 0,028 \text{ m}^3)$$

$$V_{\text{Reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{Head}}$$

$$V_{\text{reaktor}} = 160,28 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0.5 V_{\text{Head}}$$

$$V_{\text{bottom}} = 80,143 \text{ m}^3$$

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

$$V_{\text{cairan}} = 40,941 \text{ m}^3$$

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

H cairan = 4,092 m

Dari hasil perhitungan, didapatkan spesifikasi RATB sebagai berikut :

Diameter shell : 6,139 m

Tinggi shell : 9,208 m

Volume shell : 121,084 m³

Volume head : 39,202 m³

Volume reaktor : 160,287 m³

Volume bottom : 80,143 m³

Volume cairan : 40,941 m³

Tinggi cairan dalam sheel : 4,092 m

Menghitung Ukuran Head

Menghitung tebal head :

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

Dimana:

th = tebal head , m

W= faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress = 17500 psi

E= joint efisiensi = 0,8

C= corrosion allowance, = 0,125 in

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

P = 1,4735 psi

$$OD = ID \text{ shell} + 2 ts$$

$$OD = 242,196 \text{ in}$$

Dari table 5.7 brownell :

OD standart	180 in
icr	11 in
r	170 in

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

$$W = 1,732 \text{ in}$$

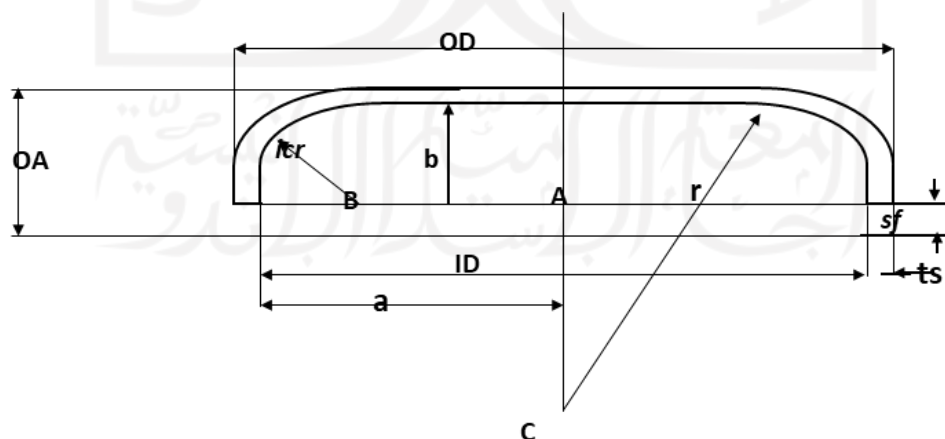
$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2 f E - 0,2 P} + C \quad (\text{Pers 7.77 Brownell \& Young, 1959 hal : 138})$$

$$th = 0,140 \text{ in}$$

Dari table Brownell hal 350, untuk tebal shell di pilih th standar :

$$3/16 \text{ in} = 0,187 \text{ in}$$

(Gambar 5.8 Brownell Hal : 87)



Dengan th sebesar 0,187 in , maka nilai sf adalah $1 \frac{1}{2} s/d 2$,

dipilih nilai sf sebesar 2 in

$$ID = OD - 2ts$$

$$ID = 179,625 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$A = 89,8125 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 78,8125 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 159 \text{ in}$$

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

$$AC = 138,092 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 31,907 \text{ in}$$

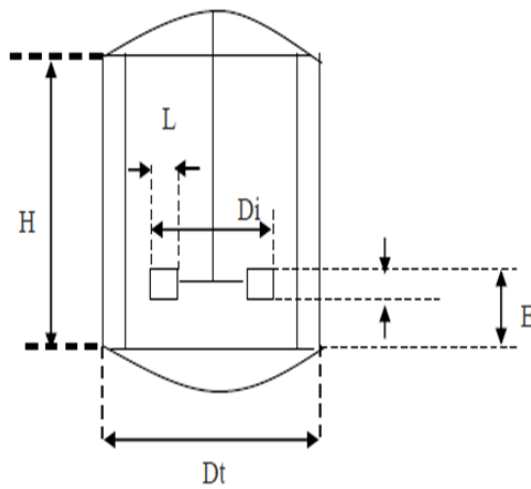
$$h_{\text{Head}} = th + b + sf$$

$$OA = h_{\text{head}} = 34,09 \text{ in}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 2 h_{\text{Head}} + h_{\text{Shell}}$$

$$h_{\text{reaktor}} = 430,734 \text{ in}$$

Menghitung Spesifikasi Ukuran Pengaduk



Keterangan

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

Data pengaduk dari Brown (Unit Operation) hal : 507

$$D_i / ID = 1/3$$

$$B / ID = 1/12$$

$$W / D_i = 1/5$$

$$E / D_i = 1$$

$$L / D_i = 1/4$$

$$ID = 4,127 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Pengaduk } (D_i) = ID / 3 = 2,046 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk } (W) = D_i / 5 = 0,409 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pengaduk } (L) = D_i / 4 = 0,511 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Baffle } (B) = ID / 12 = 0,511 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Pengaduk dengan dasar tangki } (E) = D_i * 1 = 2,046 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Cairan } (ZL) = h \text{ cairan} = 4,092 \text{ m}$$

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N)

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

(Eq. 8-8, Page 345 Rase , 1977)

Dimana: N = kecepatan putar pengaduk, rpm
 d = diameter pengaduk, ft
 Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m
 S_g = *specific gravity*
 $WELH$ = *Water Equivalent Liquid Height*, ft

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

$S_g = 0,883$

$$WELH = h_{\text{Cairan}} \cdot S_g$$

$WELH = 3,615 \text{ m} = 11,862 \text{ ft}$

$$\Sigma_{\text{Impeller}} = \frac{WELH}{D}$$

Jumlah Pengaduk = 1 buah

Maka kecepatan putar pengaduk (N) = 87,77 rpm = 1,46 rps

Menghitung Power Pengaduk (P)

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

$Re = 54193,329$

Karena $Nre > 10.000$, $N_p = KT$

$KT = 5,75$ (McCabe hal : 253 untuk pengaduk turbine 6 blade disk)

$$Pa = \frac{N_p \cdot \rho \cdot Ni^3 \cdot Di^5}{g_c}$$

	Power Number		5,75
	Densitas campuran		1059,743 kg/m ³
	Diameter Pengaduk		2,0463 m
	Kecepatan putar pengaduk		1,46 rps

Maka, $P_a = 21273,094$ watt

$P_a = 21$ Kw = 29 Hp

Effisiensi Daya motor = 85 % (Fig. 14.38 peters hal : 521)

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta}$$

Sehingga $P = 33,561$ hP

Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	n (kmol)	Hf (kj/mol)	Q reaktan (Kj)
CH ₂ CHCOOH	32,594	-383,800	-12509,470
<i>Xylene</i>	5,531	-24,400	-134,958
CH ₃ OH	45,129	-238,600	-10767,685
H ₂ SO ₄	3,162	-810,941	-2564,279
CH ₂ CHCOOCH ₃	2,649	-362,200	-959,304
H ₂ O	7,436	-241,988	-1799,420
Total	96,500		-28735,115

Komponen	n (kmol)	Hf (kj/mol)	Q reaktan (Kj)
CH ₂ CHCOOH	3,748	-383,800	-1438,476
xilene	5,777	-24,400	-140,959
CH ₃ OH	19,533	-238,600	-4660,659
H ₂ SO ₄	1,624	-810,941	-1316,603
CH ₂ CHCOOCH ₃	29,556	-362,200	-10705,207
H ₂ O	36,233	-241,988	-8767,863
Total	96,471		-31690,426

	Q IN		Q OUT
	691090,629		947461,880
Q pendingin			2698939,664
Qrx reaksi	2955310,915		
	3646401,544		3646401,544

Menghitung kebutuhan air pendingin :

Beban pendingin (Q_w) = 2698939,664 kJ/jam = 2558594,801 Btu / jam

(1 kJ = 0,947 Btu)

C_p air 30 °C = 4,1915 KJ/kg.K

C_p air pada 45°C = 4,2020 KJ/kg.K

Maka, $\Delta H = C_p \cdot \Delta T$

$\Delta H = 63,082$ KJ/ jam

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

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

m (massa pendingin) = $Q / \Delta H$

m (massa pendingin) = 42784,285 kg/jam

Menghitung dimensi Pendingin :

Suhu fluida panas masuk reaktor = 80°C = 176°F

Suhu fluida panas keluar reaktor = 80°C = 176°F

Suhu fluida dingin masuk reaktor = 30°C = 86 °F

Suhu fluida dingin keluar reaktor = 45°C = 113°F

	Fluida Panas °F	Fluida Dingin °F	ΔT , °F
	176	86	90
	176	113	63
	176	99,5	

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

$$\Delta T_{LMTD} = 75,6991 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

Nilai UD untuk *heavy organic* sebesar 5-75 Btu/ft².F jam

Diambil, UD = 75 Btu/ft².F jam

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

$$A = 450,660 \text{ ft}^2$$

$$A = 41,86 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = (\pi \cdot OD \cdot Hs) + \left(\frac{\pi}{4} \cdot OD^2 \right)$$

$$A = 1178,660 \text{ ft}^2$$

Karena luas selubung reactor > luas transfer panas, maka menggunakan jaket pendingin.

Menghitung Dimensi Jaket

$$Fv = \frac{W}{\rho \text{ air}}$$

$$Fv = 43,118 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Lama waktu tinggal dalam jaket :

$$V / Fv = 922324,068 \text{ menit}$$

$$\text{Volume} = Fv \times t$$

$$\text{Volume} = 662819,784 \text{ m}^3$$

Menghitung Luas penampang aliran

Nilai kecepatan untuk cairan dalam pipa 1,5 – 2,5 m/s (Coulson, 1989 hal. 534)

Dipilih nilai kecepatan cairan (v) = 2,5 m/s ~ 9000 m/jam

$$A = \frac{F_{vp}}{v} = \frac{\pi}{4} (ID)^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{vp}}{\pi v}}$$

$$ID = 0,1953 \text{ m} = 7,68 \text{ in}$$

Dari table 11Kern, hal 844 , dipilih :

$$\text{IPS (3/8")} = 0,75 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 1,050 \text{ in} \sim 0,0875 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 0,824 \text{ in} \sim 0,0687 \text{ ft}$$

$$A' = 0,534 \text{ in}^2 \sim 0,0037 \text{ ft}^2 \text{ (Flow area per pipe)}$$

$$A'' = 0,275 \text{ in}^2 \text{ (Surface per lin ft}^2/\text{ft)}$$

Menghitung Mass Velocity (v)

$$G_t = W_a / A'$$

$$G_t = 25435372,2 \text{ lb/jam.ft}^2$$

Menghitung h dan hio

$$\text{Pada } t_c = 99,5 \text{ F}$$

$$\begin{aligned} \text{Viskostias air } (\mu) &= 0,7085 \text{ Cp} && \text{(Geankoplis , 2003)} \\ &= 1,714 \text{ lb/ft.jam} \end{aligned}$$

$$R_{et} = \frac{ID \cdot G_t}{\mu}$$

$$Re = 1019038,018$$

Maka diperoleh hi dari (fig.25 Kern hal 835)

$$hi = 350 \text{ Btu/jam.ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 274,666 \text{ Btu/jam.ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung Koefisien Transfer panas pada reaktor yang didinginkan oleh jaket dengan pengaduk flat six-blade turbine with disk dengan baffle digunakan persamaan 4.13-1

$$\frac{h_o \cdot Dt}{k} = a \left(\frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^b \cdot \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m$$

$$h_o = \frac{0,74 \cdot k}{Dt} \left(\frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

(Geankoplis, hal. 301)

Dimana :

h_o	=	Koefisien transfer panas jaket, Btu/jam.ft ² .°F	
Dt	=	Diameter dalam tangki	= 20,060 ft
k	=	Konduktifitas panas	= 0,630 Btu/hr.ft.oF
Da	=	Diameter putaran pengaduk	= 6,713 ft
N	=	Kecepatan putaran pengaduk	= 5266,08 rph
μ	=	Viskositas	= 1,2893 cP
			= 3,119 lb/ft.hr
ρ	=	Densitas campuran	= 0,883 lb/ft ³
C_p	=	Kapasitas panas	= 0,783 Btu/lb.oF
h_o	=	45600,65 Btu/jam.ft ² .°F	

Menghitung U_c dan U_d

U_c = Clean overall coefficient

U_d = Dirty overall coefficient

Eq 6.38 Kern , hal 231 :

$$U_c = \frac{h_o \cdot h_{i_o}}{h_o + h_{i_o}}$$

$U_c = 273,022$ Btu/jam.ft².°F

Dirt Factors (R_d) = 0,001 (*Heavy Organic – Water*) (Table 8. Kern Hal 240)

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

$U_d = 214,467 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{oF}$

Menghitung Tebal Jacket

Tebal Jacket = Volume Jacket / Luas Selimut Jacket

Tebal Jacket = 6053,281 m ~ 238318,170 in

Menghitung Diameter

Diameter Jacket = 476816,341 in

Diameter Luar Jacket = 953452,683

Tinggi Jacket = Tinggi cairan

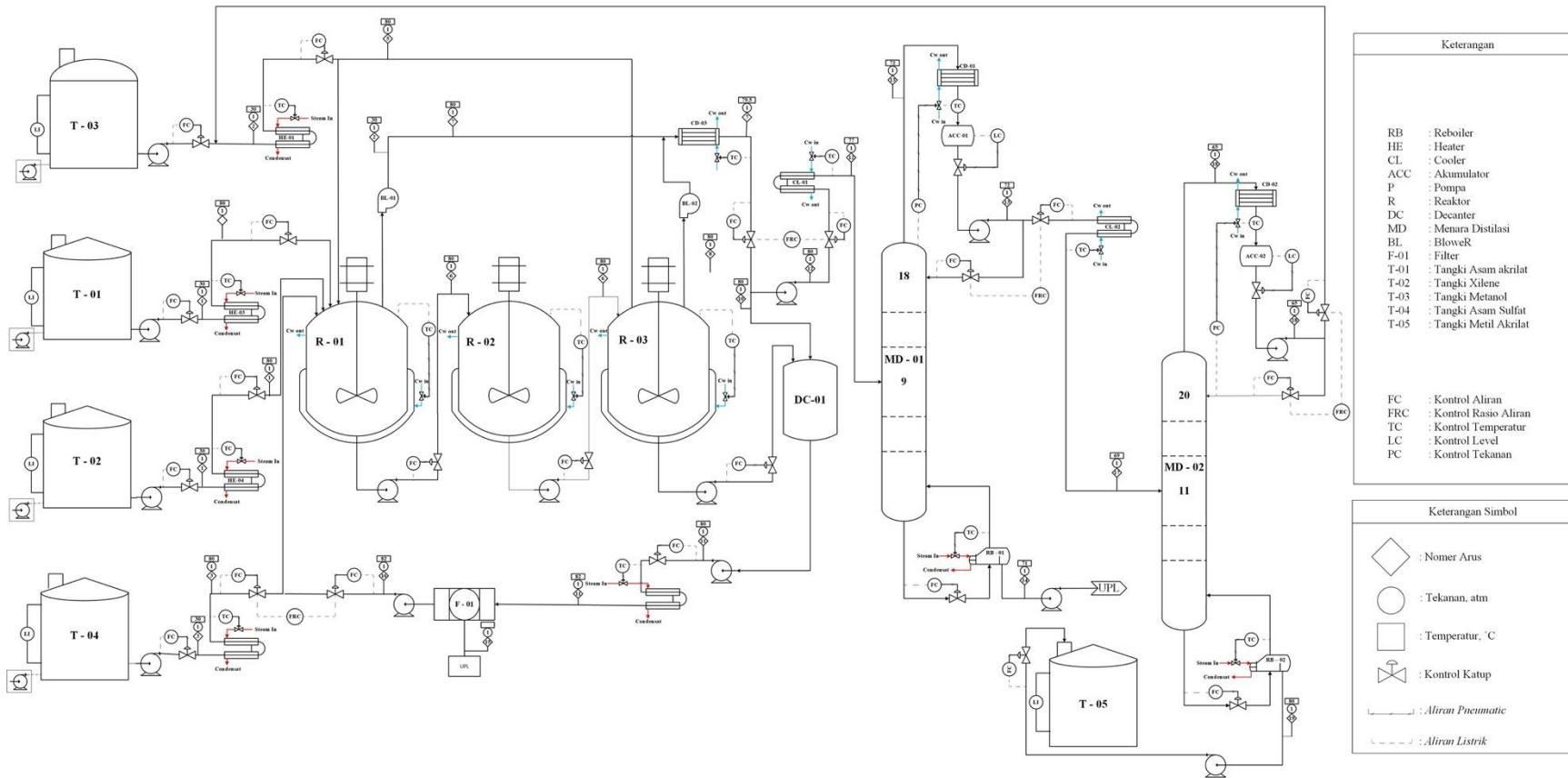
= 4,092 m ~ 161,130 in

Menghitung Lebar Jacket

Lebar jacket = (Diameter Jacket – Diameter Shell) / 2

= 238287,322 in

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA PERANCANGAN PABRIK KIMIA METHYL ACRYLATE DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 22000 TON/TAHUN



- Keterangan**
- RB : Reboiler
 - HE : Heater
 - CL : Cooler
 - ACC : Akumulator
 - P : Pompa
 - R : Reaktor
 - DC : Decanter
 - MD : Menara Distilasi
 - BL : BlowR
 - F-01 : Filter
 - T-01 : Tangki Asam akrilat
 - T-02 : Tangki Xilene
 - T-03 : Tangki Metanol
 - T-04 : Tangki Asam Sulfat
 - T-05 : Tangki Metil Akrilat
- Keterangan Simbol**
- ◇ : Nomer Arus
 - : Tekanan, atm
 - : Temperatur, °C
 - ⊗ : Kontrol Katup
 - : Aliran Pnematic
 - - - : Aliran Listrik

Neraca Massa

NO	KOMPONEN	NOMOR ARUS (kg/jam)																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	ASAM AKRILAT	2348.7043					270.0796		41.0091		6.6123	34.6801	6.6123		6.6123		34.6801			
2	XILENE	587.1759					305.9861	307.3029	107.7358		196.7839	82.554	24.2761	586.6408		24.2761				
3	METANOL		1445.9205			1044.4391	90.5469	535.3018	127.1977		915.1407	7.2135	120.3894	1457.656	1457.656					3.6441
4	POLIMER ASAM AKRILAT								16.6817				16.8446			16.8446				
5	ASAM SULFAT			159.866	5.0416		159.2377		159.866			4.1056	155.0695	4.809		4.809		155.0695		
6	AIR DALAM ASAM SULFAT																			
7	METILAKRILAT						479.2742	2065.2076	116.7717	615.1885	97.3816	19.8172	2777.7778	2763.8889	13.8889		19.8172	2763.8889	13.8194	2750.0694
8	AIR						256.0292	396.5199	125.8076	183.4103	1.8034	124.3528	581.7335	2.9087	578.8248		124.3528	2.9087		2.9087
	JUMLAH	2935.8802	1445.9205	159.866	5.0416	1044.4391	1561.1537	3304.3322	695.0696	1910.5234	199.6704	495.4297	5415.2294	4224.4536	1190.7758	16.8446	478.5851	4224.4536	1467.8312	2756.6222

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA PERANCANGAN PABRIK KIMIA METHYL ACRYLATE
 DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN
 METANOL KAPASITAS 22000 TON/TAHUN

Di Susun Oleh :
 1. Bambang Kuncoro (16521229)
 2. Michella Jamaraska (16521255)

Dosen Pembimbing :
 1. Dr. Suharno Rusdi
 2. Diana, S.T., M.Sc.