

**PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT  
DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL  
DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan *Distillation Column* (DC-301))**

**(Skripsi)**

**Oleh  
JIMMI HARIANTO PURBA  
NPM 1715041021**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT  
DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL  
DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan *Distillation Column* (DC-301))**

Oleh  
**JIMMI HARIANTO PURBA**

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada  
**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2024**

## ABSTRACT

### PREDESIGN OF A METHYL ACRYLATE PLANT FROM ACRYLIC ACID AND METHANOL WITH CAPACITY 60.000 TONS/YEAR

(Distillation Column Design (DC-301))

By

**JIMMI HARIANTO PURBA**

A plant to produce methyl acrylate from acrylic acid and methanol is planned to be located at Warnasari village, Citangkil Regency, Cilegon City, Banten. The location of this factory was chosen taking into account the availability of raw materials, adequate transportation facilities, easily available labor and environmental conditions.

Capacity of the plant is 60.000 tons/year operating 24 hour/day and 330 working days/ year. The plant required 6.331,62 kg/h of acrylic acid and 3.658,27 kg/h of methanol.

Quantity of labor is around 164 people. The plant is managed as a Limited Liability Company (PT), which is headed by a Director. The company is organized in the form of line and staff structure.

From analysis of the plant economy is obtained:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp. 2.068.461.998.517,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp. 365.022.705.621,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp. 2.433.484.704.138,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 33 %
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 11 %
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)<sub>a</sub></i>	= 2.44 years
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)<sub>a</sub></i>	= 26 %
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 33.12%

By considering the data from the analysis above, this methyl acrylate plant can be established because it is a profitable factory and has a good future.

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

(Perancangan *Distillation Column* (DC-301))

Oleh

**JIMMI HARIANTO PURBA**

Pabrik metil akrilat dari bahan baku asam akrilat dan metanol akan didirikan di Kelurahan Warnasari, Kec. Citangkil, Kota Cilegon, Banten. Lokasi pabrik ini dipilih dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi metil akrilat sebanyak 60.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah asam akrilat sebanyak 6.331,62 kg/jam dan metanol sebanyak 3.658,27 kg/jam.

Jumlah karyawan sebanyak 164 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang direktur. Sistem manajemen perusahaan menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp. 2.068.461.998.517,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp. 365.022.705.621,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp. 2.433.484.704.138,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 33 %
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 11 %
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) <sub>a</sub>	= 2,44 tahun
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) <sub>a</sub>	= 26 %
<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	= 33,12%

Dengan mempertimbangkan data hasil analisis di atas, maka pabrik metil akrilat ini dapat didirikan karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT  
DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL DENGAN  
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN  
(Perancangan *Distillation Column* (DC-301))**

Nama Mahasiswa : **Jimmi Harianto Purba**

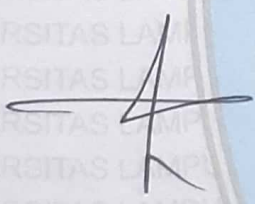
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715041021

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik


**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

  
**Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19841008 200812 1 003

  
**Muhammad Haviz, S.T., M.T.**  
NIP. 19900128 201903 1 015

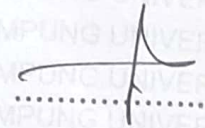
2. **Ketua Jurusan**

  
**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 19740712 200003 2 001

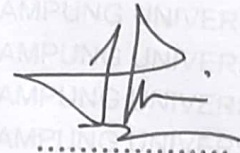
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

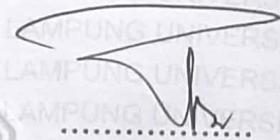
Ketua : **Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**



Sekretaris : **Muhammad Haviz, S.T., M.T.**



Penguji  
Bukan Pembimbing I : **Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**



Bukan Pembimbing II : **Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ,**  
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **6 Desember 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

**Bandar Lampung, 30 Januari 2024**



**Jimmi Harianto Purba**

**NPM. 1715041021**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lubuk Pakam, pada tanggal 25 November 1998, sebagai anak kelima dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Pardamean Purba (†) dan Ibu Udur Epida br. Manullang (†). Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 101905 Pasar Melintang pada Tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Lubuk Pakam pada Tahun 2014 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Swasta RK Serdang Murni Lubuk Pakam pada Tahun 2017.

Pada Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur masuk ujian tertulis SBMPTN Tahun 2017.

Pada Tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktek di PT Buma Cima Nusantara dengan Tugas Khusus “Analisa Penggunaan Flokulan Optimum dan Tepat Pada *Single Tray Clarifier*”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Uji Performa Dua Alat Distilasi Uap-Air (*Hydrosteam Distillation*) Berdasarkan *Yield* Minyak Atsiri *Eucalyptus Globulus*”, dimana penelitian tersebut dipublikasikan pada Tahun 2024. Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila pada periode 2019/2020 sebagai Kepala Divisi Kristiani Departemen Kerohanian FT Unila dan Staff Dinas Minat dan Bakat BEM FT Unila periode 2018.



## MOTTO

*“Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan,  
tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan”*

*-(Amsal 1 : 7)-*

# *Sebuah Karya*

*Kupersembahkan dengan sepenuh hati untuk:*

*Tuhan Yesus Kristus, oleh karena kasih dan pertolongan-Nya  
saya dapat menyelesaikan karya ini*

*Ayah dan Ibu oleh karena doa, pengorbanan serta didikan  
saya dapat kuat hingga saat ini*

*Abang dan Kakak, terima kasih atas doa, dukungan, hingga  
biaya perkuliahan selama ini*

## SANWACANA

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi atau tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” dengan baik. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah menghantarkan penulis hingga tahap menyelesaikan masa studi dengan baik dan lancar.
2. Ayah dan Ibu atas doa, dukungan dan kasih sayang serta menjadi tempat bercerita dalam menghadapi masa-masa sulit.
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran proses belajar selama di kampus.
4. Bapak Muhammad Hanif, S.T., M.T. dan/atau Donny Lesmana, S.T., M.Sc., sebagai dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan sarannya selama berada di kampus.
5. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc., sebagai dosen pembimbing 1 yang telah membimbing saya dengan sangat baik dalam menyusun skripsi.
6. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing 2 yang telah membimbing saya dengan sangat baik dalam menyusun skripsi.
7. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc., sebagai dosen penguji 1 yang telah membimbing dan sabar menunggu hingga selesainya seminar komprehensif saya.

8. Ibu Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T. M.Eng., sebagai dosen penguji 2 yang telah membimbing, memberikan masukan dan kritik pada skripsi saya.
9. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. dan Ibu Dr. Eng Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T., yang telah membimbing, mendukung dan menanyakan keadaan akademik hingga saya merasakan seperti memiliki orang tua dikampus.
10. Seluruh Dosen dan Staf Teknik Kimia yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan membantu kelancaran dalam pengerjaan.
11. Abang Misnan Frinando Purba dan Abang Nelson Purba yang telah mendukung, memberikan arahan, nasihat dan membiayai semua keperluan saya selama menempuh pendidikan. Puji Tuhan akhirnya keinginan dan harapan dari orang tua terlaksana, kita semua anak Bapak dan Mama menjadi wujud dari doa panjang mereka.
12. Kakak Inna Nurhayati Purba dan Ramotan Purba atas dukungan, doa, nasihat yang selalu memahami keadaan saya.
13. Mey Liviana Krisdayanty Malau, hahahaha sebagai pendoa bagi hampir setiap seminar, teman ngerjain skripsi dan penelitian kesana kemari, teman dalam berkeluh kesah sampai adu nasib. Terimakasih atas waktu, masakan, nasihat, ritual makan malam sebelum melaksanakan seminar hahaha, hingga mau berteman dengan saya hahaha padahal sering dijailin.
14. Disa Anggraini, sebagai partner tugas akhir yang menjadi teman diskusi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
15. Teman-teman seperjuangan angkatan 2017, sebagai teman yang selalu bersama-sama menjalani masa perkuliahan selama dikampus dari pertama sekali menginjakkan kaki hingga selesai menaklukkan Gedung L Teknik Kimia. Banyak suka maupun duka kita jalani bersama-sama hingga saling mendukung dalam menyelesaikan perkuliahan.
16. Tessa yang telah mau direpotkan dalam segala hal bahkan bantuan printer yang telah mencetak ribuan halaman kertas selama bimbingan hingga cetak skripsi.
17. Teman-teman sepelayanan di 20G dan FKMK-FT yang telah memberikan warna dalam masa-masa perkuliahan.
18. Adik-adik dan kakak-kakak tingkat di Jurusan Teknik Kimia, FKMK-FT, dan teman kost yang banyak memberikan arahan, informasi serta menjadi teman

main di kampus (Melly, Kak Nita, Angel, Ivan, Tino, Cervan, Nopal, Kak Ester, Daniel, Arby, Wisnu, Nanda, Bang Median, Bang Raja, Bang Willy, Ricky, Hillary Son Heung Min, Mutiara Mute, Patricia Pepey, Cia, Agatha, Kak Sigit, Kak Adit, Kak Pradit, Aranssa, Bilal, Didi, Levi, Ester, Haga, Valerie, Mian, Risty, Shilla, Margareth, Humaniora, Adrian dan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu).

19. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

**Bandar Lampung, 30 Januari 2024**

**Penulis**

**Jimmi Harianto Purba**

## DAFTAR ISI

<b>COVER DALAM</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>SANWACANA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kegunaan Produk .....	2

1.3 Kapasitas Rancangan Produksi .....	3
1.4 Tempat dan Lokasi Pabrik.....	7
<b>BAB II. PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES .....</b>	<b>14</b>
2.1 Jenis-jenis Proses.....	14
2.2 Pemilihan Proses .....	16
2.3 Reaksi Terbentuk .....	31
<b>BAB III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK .....</b>	<b>32</b>
3.1 Bahan Baku .....	32
3.2 Produk Utama .....	35
<b>BAB IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI .....</b>	<b>36</b>
4.1 Neraca Massa .....	37
4.2 Neraca Energi .....	41
<b>BAB V. SPESIFIKASI ALAT .....</b>	<b>45</b>
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses .....	45
5.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	76
<b>BAB VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH .....</b>	<b>99</b>
6.1 Unit Penyediaan Air .....	99
6.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	109
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	109
6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	110
6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	110
6.6 Unit Pengolahan Limbah.....	111

6.7 Unit Laboratorium.....	111
6.8 Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	115
<b>BAB VII. TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK .....</b>	<b>118</b>
7.1 Lokasi Pabrik.....	118
7.2 Tata Letak Pabrik .....	121
7.3 Estimasi Area Pabrik .....	124
<b>BAB VIII. MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....</b>	<b>129</b>
8.1 Bentuk Perusahaan .....	129
8.2 Struktur Organisasi.....	132
8.3 Tugas dan Wewenang .....	135
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	146
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	149
8.6 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	151
8.7 Kesejahteraan Karyawan.....	156
8.8 Bahaya Pada Pabrik ( <i>Hazard</i> ) .....	158
<b>BAB IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>161</b>
9.1 Investasi.....	161
9.2 Evaluasi Ekonomi .....	166
9.3 Angsuran Pinjaman .....	170
9.4 <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	170
<b>BAB X. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>173</b>
10.1 Kesimpulan.....	173



10.2 Saran.....	174
-----------------	-----

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A. PERHITUNGAN NERACA MASSA**

**LAMPIRAN B. PERHITUNGAN NERACA ENERGI**

**LAMPIRAN C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES**

**LAMPIRAN D. PERHITUNGAN UTILITAS**

**LAMPIRAN E. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

**LAMPIRAN F. TUGAS KHUSUS *DISTILLATION COLUMN* (DC-301)**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Impor Metil Akrilat di Indonesia Tahun 2016-2021 .....	4
<b>Tabel 1.2</b> Kapasitas Produksi Pabrik Metil Akrilat Global .....	5
<b>Tabel 1.3</b> Sumber Bahan Baku Metanol.....	7
<b>Tabel 1.4</b> Sumber Bahan Baku Asam Akrilat .....	7
<b>Tabel 1.5</b> Konsumsi Metil Akrilat pada Industri Cat .....	9
<b>Tabel 1.6</b> Konsumsi Metil Akrilat pada Industri Tekstil .....	9
<b>Tabel 1.7</b> Konsumsi Metil Akrilat pada Industri Kertas .....	10
<b>Tabel 1.8</b> Total Konsumsi Metil Akrilat pada Industri di Indonesia .....	10
<b>Tabel 1.9</b> Tinjauan Pemilihan Lokasi Pabrik .....	11
<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Pemilihan Proses .....	16
<b>Tabel 2.2</b> Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Komponen .....	16
<b>Tabel 2.3</b> Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Masing-Masing Komponen .....	17
<b>Tabel 2.4</b> Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Komponen Reaksi Dua.....	18
<b>Tabel 2.5</b> Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Komponen Tahap Esterifikasi .....	19
<b>Tabel 2.6</b> Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Komponen Reaksi Esterifikasi .....	20
<b>Tabel 2.7</b> Harga Bahan Baku dan Produk .....	21
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Massa pada <i>Dissolving Tank</i> (DST-101) .....	37
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa pada <i>Mixing Tank</i> (MT-101) .....	37
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa pada Reaktor (RE-201) .....	38

<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa pada <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	38
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa pada <i>Distillation Column</i> (DC-302) .....	39
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa pada <i>Distillation Column</i> (DC-303) .....	39
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa pada <i>Distillation Column</i> (DC-304) .....	40
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa pada <i>Mixed Point</i> (MP-101) .....	40
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa pada <i>Mixed Point</i> (MP-102) .....	41
<b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa pada <i>Mixed Point</i> (MP-103) .....	41
<b>Tabel 4.11</b> Neraca Panas <i>Mixing Tank</i> (MT-101) .....	41
<b>Tabel 4.12</b> Neraca Panas Reaktor (RE-201) .....	42
<b>Tabel 4.13</b> Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	42
<b>Tabel 4.14</b> Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-302) .....	43
<b>Tabel 4.15</b> Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-303) .....	43
<b>Tabel 4.16</b> Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-304) .....	43
<b>Tabel 4.17</b> Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301) .....	44
<b>Tabel 5.1</b> Spesifikasi Tangki Asam Akrilat (ST-101) .....	45
<b>Tabel 5.2</b> Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-102) .....	46
<b>Tabel 5.3</b> Spesifikasi Tangki Metanol (ST-103) .....	46
<b>Tabel 5.4</b> Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DST-101) .....	47
<b>Tabel 5.5</b> Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101) .....	48
<b>Tabel 5.6</b> Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SS-101) .....	48
<b>Tabel 5.7</b> Spesifikasi Tangki Metil Akrilat (ST-401) .....	49
<b>Tabel 5.8</b> Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	50
<b>Tabel 5.9</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	51

<b>Tabel 5.10</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301) .....	51
<b>Tabel 5.11</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-301) .....	52
<b>Tabel 5.12</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301) .....	53
<b>Tabel 5.13</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302) .....	53
<b>Tabel 5.14</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302) .....	54
<b>Tabel 5.15</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-302) .....	55
<b>Tabel 5.16</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302) .....	55
<b>Tabel 5.17</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	56
<b>Tabel 5.18</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-303) .....	56
<b>Tabel 5.19</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-303) .....	57
<b>Tabel 5.20</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-303) .....	58
<b>Tabel 5.21</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-303) .....	58
<b>Tabel 5.22</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-304) .....	59
<b>Tabel 5.23</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-304) .....	60
<b>Tabel 5.24</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-304) .....	60
<b>Tabel 5.25</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-304) .....	61
<b>Tabel 5.26</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101) .....	62
<b>Tabel 5.27</b> Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101) .....	62
<b>Tabel 5.28</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-102) .....	63
<b>Tabel 5.29</b> Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102) .....	64
<b>Tabel 5.30</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....	65
<b>Tabel 5.31</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-102) .....	65
<b>Tabel 5.32</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-103) .....	66

<b>Tabel 5.33</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-104) .....	66
<b>Tabel 5.34</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-105) .....	67
<b>Tabel 5.35</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-106) .....	68
<b>Tabel 5.36</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-107) .....	68
<b>Tabel 5.37</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-108) .....	69
<b>Tabel 5.38</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-201) .....	69
<b>Tabel 5.39</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-301) .....	70
<b>Tabel 5.40</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-302) .....	71
<b>Tabel 5.41</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-303) .....	71
<b>Tabel 5.42</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-304) .....	72
<b>Tabel 5.43</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-305) .....	73
<b>Tabel 5.44</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-306) .....	73
<b>Tabel 5.45</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-307) .....	74
<b>Tabel 5.46</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-308) .....	75
<b>Tabel 5.47</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-401) .....	75
<b>Tabel 5.48</b> Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-201) .....	76
<b>Tabel 5.49</b> Spesifikasi <i>Pot Feeder</i> Alum (PF-201) .....	76
<b>Tabel 5.50</b> Spesifikasi <i>Pot Feeder</i> NaOH (PF-202) .....	77
<b>Tabel 5.51</b> Spesifikasi <i>Pot Feeder</i> Kaporit (PF-203).....	78
<b>Tabel 5.52</b> Spesifikasi <i>Pot Feeder</i> Inhibitor (PF-204) .....	78
<b>Tabel 5.53</b> Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-201) .....	79
<b>Tabel 5.54</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-201) .....	79
<b>Tabel 5.55</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-201) .....	80

<b>Tabel 5.56</b> Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-202) .....	81
<b>Tabel 5.57</b> Spesifikasi Tangki <i>Dispersant</i> (ST-203) .....	81
<b>Tabel 5.58</b> Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-204) .....	82
<b>Tabel 5.59</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-201) .....	82
<b>Tabel 5.60</b> Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-201) .....	83
<b>Tabel 5.61</b> Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-201) .....	84
<b>Tabel 5.62</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-201) .....	84
<b>Tabel 5.63</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-202) .....	85
<b>Tabel 5.64</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-203) .....	85
<b>Tabel 5.65</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-204) .....	86
<b>Tabel 5.66</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-205) .....	86
<b>Tabel 5.67</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-206) .....	87
<b>Tabel 5.68</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-207) .....	88
<b>Tabel 5.69</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-208) .....	88
<b>Tabel 5.70</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-209) .....	89
<b>Tabel 5.71</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-210) .....	89
<b>Tabel 5.72</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-211) .....	90
<b>Tabel 5.73</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-212) .....	90
<b>Tabel 5.74</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-213) .....	91
<b>Tabel 5.75</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-214) .....	91
<b>Tabel 5.76</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-215) .....	92
<b>Tabel 5.77</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-216) .....	92
<b>Tabel 5.78</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-217) .....	93

<b>Tabel 5.79</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-218) .....	93
<b>Tabel 5.80</b> Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-201) .....	94
<b>Tabel 5.81</b> Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-205) .....	94
<b>Tabel 5.82</b> Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-201) .....	95
<b>Tabel 5.83</b> Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-301) .....	95
<b>Tabel 5.84</b> Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (CP-301) .....	96
<b>Tabel 5.85</b> Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CN-301) .....	96
<b>Tabel 5.86</b> Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-301) .....	97
<b>Tabel 5.87</b> Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-302) .....	97
<b>Tabel 5.88</b> Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-303) .....	98
<b>Tabel 5.89</b> Spesifikasi <i>Generator</i> (GS-401) .....	98
<b>Tabel 6.1</b> Kebutuhan Air Umum .....	100
<b>Tabel 6.2</b> Kebutuhan Air Pendingin .....	101
<b>Tabel 6.3</b> Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i> .....	103
<b>Tabel 6.4</b> Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	116
<b>Tabel 6.5</b> Pengendalian Variabel Utama Proses .....	117
<b>Tabel 7.1</b> Rincian Luas Area Pabrik Metil Akrilat .....	124
<b>Tabel 7.2</b> Jarak antar Alat .....	128
<b>Tabel 8.1</b> Daftar Gaji Karyawan .....	148
<b>Tabel 8.2</b> Jadwal Kerja Masing-masing Regu .....	151
<b>Tabel 8.3</b> Rincian Tingkat Pendidikan .....	152
<b>Tabel 8.4</b> Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat .....	154
<b>Tabel 8.5</b> Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	155

<b>Tabel 9.1</b> <i>Fixed Capital Investment</i> .....	162
<b>Tabel 9.2</b> <i>Direct Manufacturing Cost</i> .....	163
<b>Tabel 9.3</b> <i>Fixed Charges</i> .....	164
<b>Tabel 9.4</b> <i>Manufacturing Cost</i> .....	164
<b>Tabel 9.5</b> <i>General Expenses</i> .....	164
<b>Tabel 9.6.</b> Biaya Administrasi .....	165
<b>Tabel 9.7</b> <i>Minimum Acceptable Present Return on Investment</i> .....	167
<b>Tabel 9.8</b> <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkatan Resiko Pabrik .....	168
<b>Tabel 9.9</b> Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	172



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Grafik Data Impor Metil Akrilat di Indonesia .....	4
<b>Gambar 1.2</b> Peta Kota Cilegon .....	12
<b>Gambar 1.3</b> Lokasi Area Pabrik .....	12
<b>Gambar 6.1</b> <i>Cooling Tower</i> .....	103
<b>Gambar 7.1</b> Peta Kota Cilegon .....	125
<b>Gambar 7.2</b> Lokasi Area Pabrik .....	125
<b>Gambar 7.3</b> Tata Letak Pabrik .....	126
<b>Gambar 7.4</b> Tata Letak Unit Proses .....	127
<b>Gambar 8.1</b> Struktur Organisasi Perusahaan .....	134
<b>Gambar 9.1</b> Grafik Analisis Ekonomi .....	170
<b>Gambar 9.2</b> Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i> .....	171

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini industri kimia di Indonesia berkembang pesat. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan industri kimia sebesar 42,2% pada tahun 2021. Saat ini bahan kimia yang digunakan oleh industri umumnya masih bergantung pada impor dari luar negeri (Kemenperin, 2014). Industri suatu negara dikatakan kuat apabila negara tersebut mampu mandiri menghasilkan kebutuhan bahan baku produksi dan juga menghasilkan produk yang berguna serta memiliki nilai ekonomi. Oleh karena itu berbagai upaya harus dilakukan agar Indonesia dapat bersaing dengan negara-negara lain (Sugiarto, 2019).

Industri kimia memegang peranan penting dalam meningkatkan kemajuan bangsa. Salah satunya industri petrokimia yang saat ini mulai berkembang pesat di Indonesia. Hal tersebut dapat menunjang pertumbuhan industri lainnya (Kemenperin, 2016). 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 (Kemenperin, 2015).

*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 aditif dalam pembuatan perekat berbasis kopolimer, industri fiber serta digunakan dalam produksi antioksidan dan amino ester (Rahmawati dan Maulana, 2018).

Pembangunan industri kimia yang menghasilkan produk metil akrilat 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 metil akrilat yang ditunjukkan dengan luas penggunaannya, maka adanya industri metil akrilat monomer sebagai bahan baku produk intermediet mempunyai prospek yang cukup baik di Indonesia (Rahmawati dan Maulana, 2018).

## **1.2 Kegunaan Produk**

Metil akrilat merupakan bahan baku untuk produksi polimer (poliakrilat). Berikut adalah penjelasan tentang kegunaan produk metil akrilat 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 industri kayu, *furniture* dengan bahan baku besi, *container*, kaleng serta kawat, bahan perekat dan bahan pengikat pada industri kulit, tekstil dan

kertas, bahan baku untuk pembuatan cat dan pengilap lantai serta serat dan plastik sintetis (Urban and Takamura, 2003).

2. Sebagai amfoter surfaktan. Proses pembuatannya yaitu amina lemak dasar (lauril amina) direaksikan dengan metil akrilat untuk menghasilkan ester N-lemak amino propionik.
3. 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 *flavor* (*savoury flavor*), selain itu digunakan sebagai antioksidan, kondisioner alami adonan roti. Di Amerika, sistein dalam bentuk n-acetyl sistein digunakan pada produk *dietary supplement*.

### 1.3 Kapasitas Rancangan Produksi

Kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam pra rancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksinya maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Namun ada faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas produksi. Pabrik metil akrilat yang dirancang direncanakan berdiri pada tahun 2028. Untuk memperoleh kapasitas prarancangan pabrik tersebut terdapat pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

#### 1. Kebutuhan Metil Akrilat di Indonesia

Proyeksi kebutuhan metil akrilat dapat dicari melalui data impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia memiliki kebutuhan impor metil akrilat yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

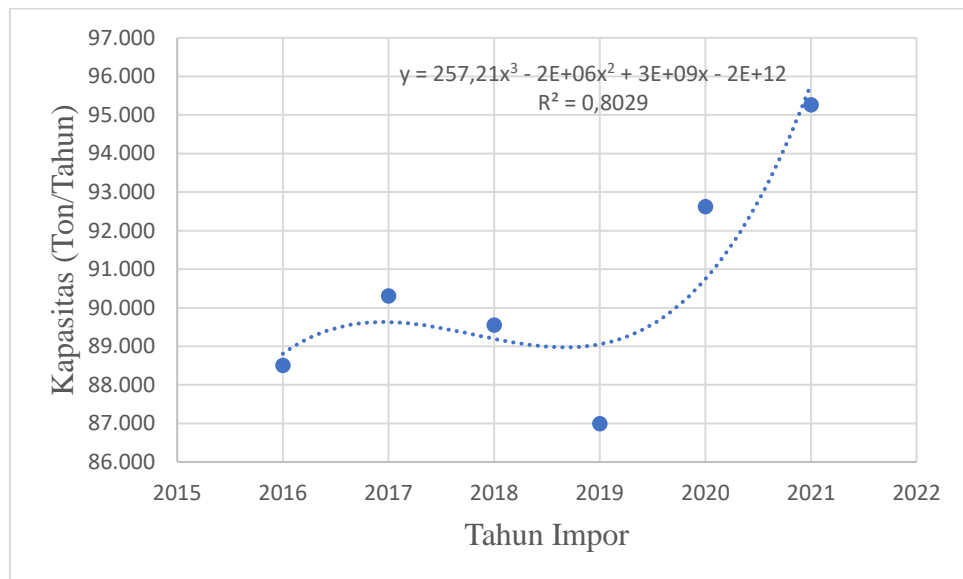
Berikut data tabel impor metil akrilat di Indonesia:

Tabel 1.1 Impor Metil Akrilat di Indonesia Tahun 2016-2021

Tahun	Volume (Ton)
2016	88.500
2017	90.303
2018	89.551
2019	86.9955
2020	92.623
2021	95.261

(Sumber: BPS, 2022)

Berdasarkan data Tabel 1.1 diperoleh persamaan polinomial seperti gambar berikut:



**Gambar 1.1** Grafik Data Impor Metil Akrilat di Indonesia.

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat pada tahun 2018 dan 2019 terjadi penurunan impor metil akrilat dalam negeri. Kondisi ini dapat disebabkan oleh faktor meningkatnya kebutuhan metil akrilat dari negara eksportir yang mengharuskan industri metil akrilat lebih mengutamakan kebutuhan dalam

negeri. Wilayah asia pasifik memegang pangsa pasar tertinggi sekitar 37,3% pada tahun 2018. China dan India merupakan negara dengan pertumbuhan tercepat dalam hal penggunaan metil akrilat. Selain itu negara produsen metil akrilat berdasarkan sumber impor Badan Pusat Statistik didominasi dari asia seperti China, Jepang, Korea Selatan dan lain-lain. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya jumlah impor metil akrilat di Indonesia karena sulitnya mendapatkan bahan tersebut dalam jumlah banyak.

Berdasarkan gambar diatas didapatkan persamaan Y untuk memperkirakan kebutuhan impor metil akrilat pada tahun 2028 di Indonesia sebesar 355.410,37 ton/tahun.

## 2. Kapasitas Produksi Pabrik Metil Akrilat yang Sudah Berdiri

Untuk memproduksi metil akrilat harus melakukan perbandingan terhadap kapasitas produksi dari berbagai pabrik yang telah ada sebelumnya. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.2 Kapasitas Produksi Pabrik Metil Akrilat Global

<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas</b>
Shijiazhuang oufixin import and ekspor co., LTD	6.000 Ton/tahun
Hutong global co., LTD	12.000 Ton/tahun
Toa Gosei co., LTD	20.000 Ton/tahun
Arkema Inc	45.000 Ton/tahun
Singapore Acrylic Ester Pte., Ltd	82.000 Ton/tahun

(Sumber: Sumitomo Chemical Company, Ltd)

Berdasarkan data diatas diketahui bahwa kebutuhan metil akrilat di Indonesia hasil dari persamaan polinomial adalah sebesar 355.410,37 ton/tahun. Sedangkan kapasitas minimal pabrik metil akrilat yang telah

berdiri di negara-negara lain adalah 6.000 ton/tahun dan kapasitas terbesar yaitu 82.000 ton/tahun.

### 3. Undang-Undang No.5 Tahun 1999 tentang praktek monopoli

Dalam undang-undang tersebut pada bab IV bagian pertama tentang monopoli Pasal 17 dijelaskan “Pelaku usaha dilarang melakukan penguasaan atas produksi dan atau pemasaran barang dan atau jasa yang dapat mengakibatkan terjadinya praktek monopoli dan atau persaingan usaha tidak sehat”. Salah satu pelaku usaha atau satu kelompok pelaku usaha menguasai lebih dari 50% (lima puluh persen) pangsa pasar satu jenis barang atau jasa tertentu. (Sumber: dpr.go.id)

Oleh karena itu dapat ditentukan bahwa kapasitas prarancangan pabrik metil akrilat adalah sebesar 60.000 ton/tahun. Sehingga diharapkan mampu:

1. Memenuhi kebutuhan metil akrilat dalam negeri.
2. Meningkatkan pendapatan negara di sektor industri, serta dapat mengurangi impor metil akrilat.
3. Meningkatkan pertumbuhan industri kimia di Indonesia dalam rangka menghadapi era pasar global yang penuh persaingan.
4. Memberikan lapangan pekerjaan baru, sehingga mengurangi jumlah pengangguran serta meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.

## 1.4 Tempat dan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik akan menentukan kemajuan serta kelangsungan pabrik tersebut. Pemilihan lokasi ini ditentukan berdasarkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi, dan beberapa faktor penunjang lainnya.

Berikut faktor-faktor penentuan lokasi pabrik:

### a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan metil akrilat adalah asam akrilat dan metanol.

Berikut perusahaan yang menyediakan bahan baku metanol:

Tabel 1.3 Sumber Bahan Baku Metanol

<b>Sumber</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Spesifikasi Kemurnian</b>
PT. Kaltim Metanol Industri, Indonesia	660.000 Ton/tahun	99,85%
Beaumont Methanol Company, USA	840.000 Ton/tahun	99,85%
Methanex, Canada	9.300.000 Ton/tahun	99,85%

Berikut perusahaan yang menyediakan bahan baku asam akrilat:

Tabel 1.4 Sumber Bahan Baku Asam Akrilat

<b>Sumber</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Spesifikasi Kemurnian</b>
PT. Nippon Shokubai Indonesia, Indonesia	140.000 Ton/tahun	98,00%
BASF Petronas, Malaysia	160.000 Ton/tahun	99,50%
Singapore Acrylics, Singapore	75.000 Ton/tahun	99,50%

Kedua bahan baku tersebut dapat dipenuhi dari dalam negeri yaitu asam akrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai Indonesia (PT. NSI) yang



berlokasi di Cilegon, Banten. Sedangkan bahan baku metanol dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Bahan baku katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) diperoleh dari PT. Indonesian Acids Industry yang berlokasi di Jakarta Timur dan mempunyai kapasitas produksi sebesar 82.500 ton/tahun. Pemilihan sumber bahan baku diutamakan berdasarkan lokasi, harga, transportasi yang cukup mendukung hingga sampai ke lokasi pabrik yang akan dibangun. Bahan baku hydroquinone diimpor dari Dongying Dongke Chemical Co., Ltd, China. Dari sumber bahan baku yang tersedia di dalam negeri terdapat dua daerah yang memungkinkan yaitu Bontang di Kalimantan Timur dan Cilegon di Banten. Berdasarkan lokasi yang ada Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) lebih baik dibandingkan lokasi industri yang ada di Kalimantan Timur. Hal ini dikarenakan lokasi KIEC lebih dekat dengan sumber bahan baku lain seperti katalis asam sulfat yang diperoleh dari PT. Indonesian Acids Industry, Jakarta Timur.

b. Pemasaran

Pemasaran produk diharapkan mencukupi kebutuhan impor dalam negeri dengan prioritas utama. Pemasaran metil akrilat sebagai polimer emulsi yang banyak digunakan sebagai bahan pelapis pada proses akhir pada industri kayu, *furniture* dengan bahan baku besi, *container*, kaleng serta kawat; bahan perekat dan bahan pengikat pada industri kulit, tekstil, dan kertas; bahan baku untuk pembuatan cat dan pengilap lantai serta serat dan plastik sintesis.

Data konsumsi metil akrilat terdiri atas beberapa industri yaitu:

1) Konsumsi metil akrilat pada Industri Cat

Tabel 1.5 Konsumsi Metil Akrilat pada Industri Cat

<b>No</b>	<b>Nama Pabrik</b>	<b>Jumlah Metil Akrilat (ton)</b>
1.	PT Jotun Indonesia Plant 1	36.400.000
2.	PT ICI Paints Indonesia (Dulux)	36.400.000
3.	PT Kansai Prakasa Coatings	21.840.000
4.	PT Nipsea Paint & Chemicals	91.000
5.	PT Avia Avian	77.532
6.	PT Propan Dekorindo Raya	72.800
7.	PT Pabrik Cat dan Tinta Pacific (Pacific Paint)	14.560
8.	PT Danapaint Indonesia	9.646
9.	PT Asian Paints	9.100
10.	PT Kansai Paint Indonesia	6.625
11.	PT Chugoku Paints Indonesia	2.184
12.	PT Avipen Adhitama Industries	601
<b>Total</b>		<b>94.924.047</b>

2) Konsumsi metil akrilat pada Industri Tekstil

Tabel 1.6 Konsumsi Metil Akrilat pada Industri Tekstil

<b>No</b>	<b>Nama Pabrik</b>	<b>Jumlah Metil Akrilat (ton)</b>
1.	PT Cahaya Perdana Plastics	2.850
2.	PT Cipta Agung Metalindo	18.145
<b>Total</b>		<b>20.995</b>

## 3) Konsumsi metil akrilat pada Industri Kertas

Tabel 1.7 Konsumsi Metil Akrilat pada Industri Kertas

No	Nama Pabrik	Jumlah Metil Akrilat (ton)
1.	PT Pindo Deli Pulp & Paper	270,25
2.	PT Tanjungenim Lestari	122.500,00
3.	PT Riau Andalan Pulp and Paper	987.500,00
<b>Total</b>		<b>1.110.270,25</b>

Sehingga total konsumsi metil akrilat di Indonesia saat ini adalah:

Tabel 1.8 Total Konsumsi Metil Akrilat pada Industri di Indonesia

No	Jenis Konsumsi	Jumlah Metil Akrilat (ton)
1.	Cat	94.924.047
2.	Tekstil	20.995
3.	Kertas	1.110.270,25
<b>Total</b>		<b>96.055.312,65</b>

Lokasi tujuan pemasaran menjadi salah satu faktor menentukan lokasi pabrik yang akan dibangun. Berdasarkan industri yang membutuhkan metil akrilat diatas kawasan Pulau Jawa menjadi tujuan utama pemasaran produk metil akrilat dikarenakan kawasan ini banyak industri cat, industri tekstil, industri pabrik besi dan juga industri kertas. Sehingga Kawasan Industrial Estate Cilegon yang berada di Pulau Jawa menjadi pemilihan lokasi pabrik yang tepat.

## c. Transportasi

Berdasarkan lokasi ketersediaan bahan baku dan lokasi tujuan pemasaran maka perlu mempertimbangkan moda transportasi pengangkutan pada

daerah tersebut. Kawasan Industrial Estate Cilegon (KIEC) memiliki akses transportasi yang cukup memadai antara lain dekat dengan Pelabuhan Cigading. Selain itu KIEC terhubung dengan Gerbang Tol Cilegon Barat 1 dan jalan raya umum yang dapat digunakan sebagai sarana pengiriman ke dalam maupun keluar negeri.

d. Utilitas

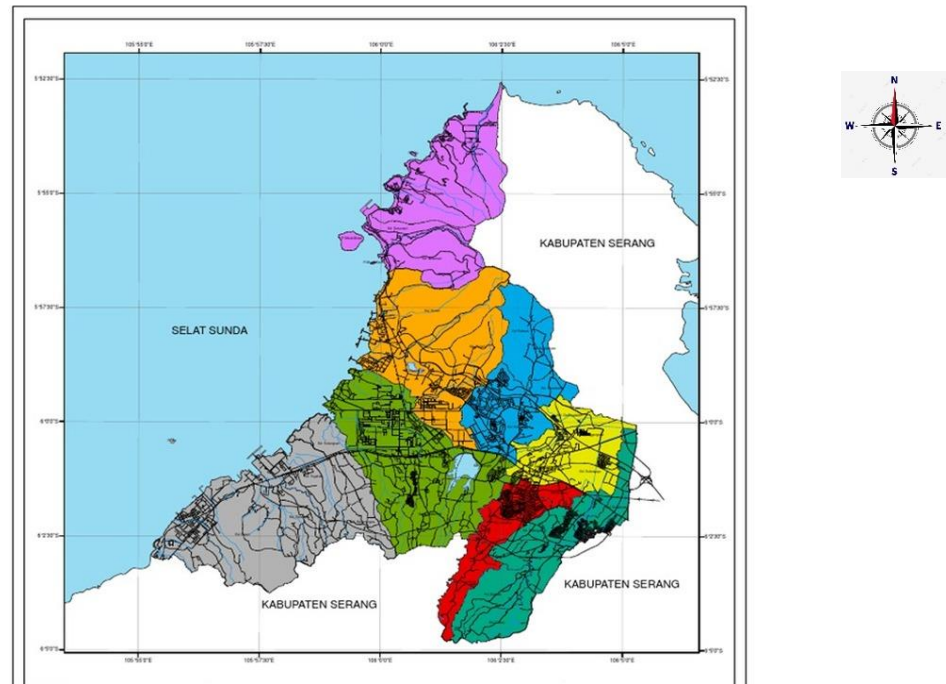
Ketersediaan air baku merupakan hal penting dari unit utilitas pabrik. Dari beberapa faktor penentuan lokasi pabrik diatas, Krakatau Industrial Estate Cilegon dan Kaltim Industrial Estate sama-sama memiliki sumber air baku yang cukup dekat.

Berikut tinjauan pemilihan lokasi pabrik yang memungkinkan:

Tabel 1.9 Tinjauan Pemilihan Lokasi Pabrik

Tinjauan	Kaltim Industrial Estate, Bontang	Krakatau Industrial Estate Cilegon
Pelabuhan terdekat	Pelabuhan PKT Bontang	Pelabuhan Cigading
Jarak ke Pelabuhan	2,2 Km	5,8 Km
Pabrik asam akrilat	PT Nippon Shokubai Indonesia	PT Nippon Shokubai Indonesia
Jarak pabrik asam akrilat	2.017 Km	14,6 Km
Pabrik methanol	PT Kaltim Methanol Industri	PT Kaltim Methanol Industri
Jarak pabrik metanol	2,6 Km	2.074 Km
Konsumen	Konsumen terbatas dan tidak sebanyak di Pulau Jawa	Terdapat banyak konsumen dan jarak cukup dekat
Sumber air	1. Sungai Guntung	Waduk Krakatau Steel
Jarak dari sumber air	1. 2,5 Km	2,9 Km
Debit	1.297 L/detik	2.000 L/detik

Dengan pertimbangan faktor tersebut maka pemilihan lokasi prarancangan pabrik metil akrilat yang dapat mendukung adalah Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) Kota Cilegon, Provinsi Banten. Berikut peta Kota Cilegon:



**Gambar 1.2** Peta Kota Cilegon.

(Sumber: Google Maps, 2022)



**Gambar 1.3** Lokasi Area Pabrik.

e. Tenaga Kerja

Menurut data Badan Pusat Statistik 2021, Cilegon memiliki total angka pengangguran sebesar 10,13% dari total usia kerja. Dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 185.593 orang. Tingginya jumlah pengangguran memungkinkan untuk memperoleh tenaga kerja yang cukup. Dengan memanfaatkan masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja maka dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di daerah tersebut.

## II. PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

Pada pabrik kimia terdapat berbagai jenis proses untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang diinginkan. Untuk menentukan pemilihan proses dapat dilihat dari keuntungan yang bisa didapatkan dari segi ekonomi maupun teknik. Berikut adalah jenis-jenis proses pembuatan metil akrilat:

### 2.1 Jenis-jenis Proses

Metil akrilat dapat diproduksi melalui beberapa cara, antara lain;

#### a. Pembuatan Metil Akrilat dari Asetilena

Pada proses ini metil akrilat dibuat dengan mereaksikan alkohol berlebih dalam suasana asam dengan katalis nikel karbonil pada tekanan 137,2 atm dan suhu 200 °C. Kerugian proses ini adalah kesulitan dalam penanganan nikel karbonil yang beracun dan korosif serta kondisi operasi yang tinggi.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



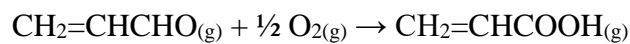
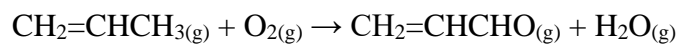
#### b. Proses Oksidasi Propilena

Proses oksidasi ini mula-mula akan membentuk akrolein. Oksidasi akrolein akan membentuk asam akrilat. Reaksi ini dilakukan pada fase uap dengan menggunakan katalisator cobalt malybdate-tellurium oksida dengan kondisi

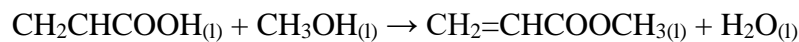
operasi 320 °C dan tekanan atmosferis. Gas panas yang keluar dari reaktor segera didinginkan di dalam alat pendingin untuk mencegah reaksi lebih lanjut dan pertumbuhan polimer. *Acrylic acid* diperoleh dengan pemisahan di menara distilasi kemudian di esterifikasi pada suhu 200 °C dengan menambahkan metanol dan katalisator asam mineral sehingga diperoleh *methyl acrylate* dengan konversi 75-86%.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Tahap Oksidasi Propilena



- Tahap Esterifikasi

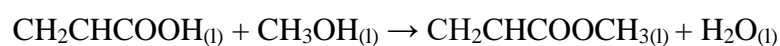


(Kirk-Othmer, 1991)

### c. Proses Esterifikasi

Pada proses ini asam akrilat direaksikan dengan metanol dan menggunakan katalis asam sulfur membentuk metil akrilat. Reaksi esterifikasi berlangsung pada suhu 50 – 100 °C dan tekanan atmosferis. Perbandingan mol asam akrilat dan metanol yang digunakan adalah 1:3. Reaksi tersebut berlangsung pada reaktor alir tangki berpengaduk dan dapat juga menggunakan reaktif distilasi. Proses esterifikasi asam akrilat ini banyak digunakan karena dari segi proses dan kondisi operasinya lebih menguntungkan.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



(US Patent. 2.916.512)



Tabel 2.1 Perbandingan Pemilihan Proses

No.	Proses	Kondisi Operasi	Kelebihan	Kekurangan
1.	Asetilen	P = 137,2 atm T = 200°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 = 320°C	Bahan baku mudah didapat	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, yaitu asam sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) yang bersifat korosif.

## 2.2 Pemilihan Proses

### 2.1.1 Tinjauan Termodinamika

#### a. Pembuatan Metil Akrilat dari Asetilena

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Nilai  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ_f$  Komponen

Senyawa	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (Asetilena)	228,2	210,7
CH <sub>3</sub> OH (Metanol)	-200,9	-162,2
CO (Karbon Monoksida)	-110,5	-137,2
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (Metil Akrilat)	-333	-257,32

Sumber: Yaws, C. L, 1995

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= [\Delta H^\circ \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2] - [(\Delta H^\circ \text{C}_2\text{H}_2) + (\Delta H^\circ \text{CH}_3\text{OH}) + (\Delta H^\circ \text{CO})] \\ &= [-333] - [(228,2) + (-200,9) + (-110,5)] \\ &= -249,8 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}\end{aligned}$$

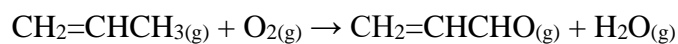
$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= [\Delta G^\circ \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2] - [(\Delta G^\circ \text{C}_2\text{H}_2) + (\Delta G^\circ \text{CH}_3\text{OH}) + (\Delta G^\circ \text{CO})] \\ &= [-257,32] - [(210,7) + (-162,2) + (137,2)] \\ &= -443,02 \text{ kJ/mol (Reaksi Spontan)}\end{aligned}$$

#### b. Proses Oksidasi Propilena

- Tahap Oksidasi Propilena

Reaksi 1:



Tabel 2.3 Nilai  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ_f$  Masing-Masing Komponen

Senyawa	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6$ (Propilen)	19,7	62,2
$\text{O}_2$ (Oksigen)	0	0
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ (Akrolein)	-84	-54
$\text{H}_2\text{O}$ (Air)	-241,8	-228,6

Sumber: Yaws, C. L, 1995

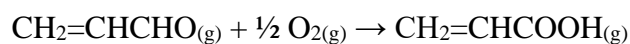
$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= [(\Delta H^\circ \text{C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta H^\circ \text{H}_2\text{O})] - [(\Delta H^\circ \text{C}_3\text{H}_6) + (\Delta H^\circ \text{O}_2)] \\ &= [(-84) + (-241,8)] - [(19,7) + (0)] \\ &= -345,5 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}\end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_6) + (\Delta G^\circ \text{ O}_2)] \\ &= [(-54) + (-228,6)] - [(62,2) + (0)] \\ &= -344,8 \text{ kJ/mol (Reaksi Spontan)} \end{aligned}$$

Reaksi 2:



Tabel 2.4 Nilai  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ_f$  Komponen Reaksi Dua

Senyawa	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O (Akrolein)	-84	-54
O <sub>2</sub> (Oksigen)	0	0
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (Asam Akrilat)	-323,5	-271

Sumber: Yaws, C. L, 1995

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

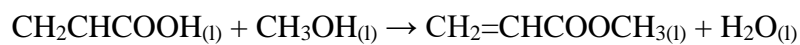
$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= [(\Delta H^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2)] - [(\Delta H^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta H^\circ \text{ O}_2)] \\ &= [(-323,5)] - [(-84) + (0)] \\ &= -239,5 \text{ kJ/mol (Eksoterm)} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2)] - [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta G^\circ \text{ O}_2)] \\ &= [(-271)] - [(-54) + (0)] \\ &= -217 \text{ kJ/mol (Reaksi Spontan)} \end{aligned}$$

- Tahap Esterifikasi

Reaksi:



Tabel 2.5 Nilai  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ_f$  Komponen Tahap Esterifikasi

Senyawa	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ (Asam Akrilat)	-323,5	-271
$\text{CH}_3\text{OH}$ (Metanol)	-200,9	-162,2
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ (Metil Akrilat)	-333	-257,32
$\text{H}_2\text{O}$ (Air)	-241,8	-228,6

Sumber: Yaws, C. L, 1995

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

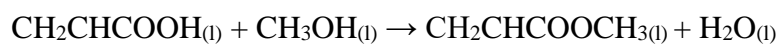
$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= [(\Delta H^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_2) + (\Delta H^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta H^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2) + (\Delta H^\circ \\ &\quad \text{CH}_3\text{OH})] \\ &= [(-333) + (-241,8)] - [(-323,5) + (-200,9)] \\ &= -50,7 \text{ kJ/mol (Eksoterm)} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= [(\Delta G^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_2) + (\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2) + (\Delta G^\circ \\ &\quad \text{CH}_3\text{OH})] \\ &= [(-257,32) + (-228,6)] - [(-271) + (-162,2)] \\ &= -52,72 \text{ kJ/mol (Reaksi Spontan)} \end{aligned}$$

c. Proses Esterifikasi

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Tabel 2.6 Nilai  $\Delta H^\circ_f$  dan  $\Delta G^\circ_f$  Komponen Reaksi Esterifikasi

Senyawa	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (Asam Akrilat)	-323,5	-271
CH <sub>3</sub> OH (Metanol)	-200,9	-162,2
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (Metil Akrilat)	-333	-257,32
H <sub>2</sub> O (Air)	-241,8	-228,6

Sumber: Yaws, C. L, 1995

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= [(\Delta H^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_2) + (\Delta H^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta H^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2) + (\Delta H^\circ \\ &\quad \text{CH}_3\text{OH})] \\ &= [(-333) + (-241,8)] - [(-323,5) + (-200,9)] \\ &= -50,7 \text{ kJ/mol (Eksoterm)} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= [(\Delta G^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_2) + (\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2) + (\Delta G^\circ \\ &\quad \text{CH}_3\text{OH})] \\ &= [(-257,32) + (-228,6)] - [(-271) + (-162,2)] \\ &= -52,72 \text{ kJ/mol (Reaksi Spontan)} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai  $\Delta H^\circ$  dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat eksotermis atau melepaskan panas, sedangkan berdasarkan nilai  $\Delta G^\circ$  semua reaksi dari masing-masing proses yang telah diperoleh menunjukkan bahwa reaksi pada reaktor dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai  $\Delta G^\circ < 0$  agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi

energi kecil). Dalam parameter perancangan pabrik kimia berupa parameter termodinamika bahwa  $\Delta G^\circ < 0$  masih dapat dipenuhi.

### 2.1.2 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 60.000 ton/tahun.

Tabel 2.7 Harga Bahan Baku dan Produk

Bahan Baku	Harga (Rp)
Metanol	5.200/liter
Asam Akrilat	18.255/kg
Asetilena	64.500/liter
Karbon Monoksida	430.620/liter
Propilen	12.800/liter
Oksigen	541.000/liter
Metil Akrilat	56.000/kg
Asam Sulfat	8.000/liter
<i>Hydroquinone</i>	56.012/kg

#### 1. Proses Pembuatan dengan Asetilena

Konversi : 92%

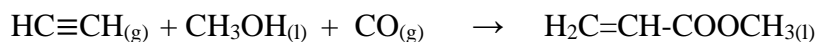
Kapasitas : 60.000 ton metil akrilat per tahun

Mol metil akrilat =  $\frac{\text{massa metil akrilat (kapasitas)}}{BM}$

Mol metil akrilat =  $\frac{60.000.000 \text{ kg}}{86}$

Mol metil akrilat = 697.674,419 kmol

Dengan reaksi:



Mula	a	b	c	
Bereaksi	697.674,419	697.674,419	697.674,419	697.674,419
Setimbang	(a-697.674,419)	(b-697.674,419)	697.674,419	697.674,419

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 60.000.000 kg atau 697.674,419 kmol metil akrilat dengan konversi 92%.

$$a = \frac{92}{100} \times 697.674,419 \text{ kmol} = 642.860,465 \text{ kmol}$$

- Mol Methanol = **758.341,760 kmol**

Methanol yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol methanol} \times \text{BM methanol}$$

$$= 758.341,760 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 24.266.936 \text{ kg} = 24.267 \text{ ton}$$

- Mol Asetilen

Asetilen yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol asetilen} \times \text{BM asetilen}$$

$$= 758.341,760 \text{ kmol} \times 26 \text{ kg/kmol}$$

$$= 19.716.885,76 \text{ kg} = 19.717 \text{ ton}$$

- Mol Karbon monoksida

Karbon monoksida yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol CO} \times \text{BM CO}$$

$$= 758.341,760 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/kmol}$$

$$= 21.233.569,28 \text{ kg} = 21.234 \text{ ton}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$= (24.267 \text{ ton/tahun} \times \$ 348/\text{ton}) + (19.717 \text{ ton/tahun} \times \$ 4322/\text{ton}) +$$

$$(21.234 \text{ ton/tahun} \times \$ 28852/\text{ton})$$

$$= \$ 706.305.158/\text{tahun}$$

Harga produk metil akrilat:

$$= (60.000 \text{ ton/tahun} \times \$ 3600/\text{ton})$$

$$= \$ 216.000.000/\text{tahun}$$

$$\text{Keuntungan per tahun} = \text{harga produk} - \text{harga reaktan}$$

$$= \$ 216.000.000 - \$ 706.305.158$$

$$= \$ - 490.305.158$$

$$= (\text{minus}) \text{Rp}7.628.657.953.322$$

Harga produksi per kg metil akrilat:

$$= \frac{\text{harga bahan baku/tahun}}{\text{kapasitas pabrik}}$$

$$= \frac{\$ 706.305.158 / \text{tahun}}{60.000 \text{ ton/tahun}}$$

$$= \$ 11.771,75/\text{ton}$$

$$= \text{Rp}183.156.658,25/\text{ton} (\$1 = \text{Rp}15.559)$$



Harga pembuatan per kg metil akrilat dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 11,77/kg, lebih mahal dibandingkan harga jual metil akrilat sebesar \$ 3,6/kg (rugi).

## 2. Proses Oksidasi Propilena

Konversi: 75%

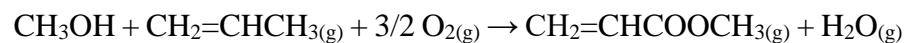
Kapasitas produk: 60.000 ton metil akrilat tiap tahun

$$\text{Mol metil akrilat} = \frac{\text{massa metil akrilat (kapasitas)}}{BM}$$

$$\text{Mol metil akrilat} = \frac{60.000.000 \text{ kg}}{86}$$

$$\text{Mol metil akrilat} = 697.674,419 \text{ kmol}$$

Dengan reaksi:



Mula	a	b	c		
Bereaksi	697.674,419	697.674,419	697.674,419	697.674,419	697.674,419
Setimbang	(a-697.674,419)	(b-697.674,419)	(c-697.674,419)		697.674,419
					697.674,419

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 60.000 ton atau 697.674,419 kmol metil akrilat dengan konversi 75%.

$$b = \frac{75}{100} \times 697.674,419 \text{ kmol} = 930.232,559 \text{ kmol}$$

$$a : b = 1 : 1 \text{ maka } a = 930.232,559 \text{ kmol}$$

$$c : a = 1,5 : 1$$

$$\text{maka } c = 1,5 * 930.232,559 \text{ kmol} = 1.395.348,8 \text{ kmol}$$

- Mol metanol = **930.232,559 kmol**

Methanol yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol methanol} * \text{BM methanol}$$

$$= \mathbf{930.232,559 kmol} * 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 29.767.441,8 \text{ kg} = 29.767,4418 \text{ ton}$$

- Mol propilena = **930.232,559 kmol**

Propilena yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol propilena} * \text{BM propilena}$$

$$= \mathbf{930.232,559 kmol} * 42 \text{ kg/kmol}$$

$$= 39.069.767,4 \text{ kg} = 39.069,7674 \text{ ton}$$

- Mol oksigen = **1.395.348,8 kmol**

Oksigen yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol oksigen} * \text{BM oksigen}$$

$$= \mathbf{1.395.348,8 kmol} * 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 44.651.161,6 \text{ kg} = 44.651,1616 \text{ ton}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$= (29.767,4418 \text{ ton/tahun} * \$ 348/\text{ton}) + (39.069,7674 \text{ ton/tahun}$$

$$* \$ 858/\text{ton}) + (44.651,1616 \text{ ton/tahun} * \$ 36247/\text{ton})$$

$$= \$ 1.662.351.584,7$$

Harga produk metil akrilat:

$$= (60.000 \text{ ton/tahun} \times \$ 3600/\text{ton})$$

$$= \$ 216.000.000/\text{tahun}$$

Keuntungan per tahun = harga produk – harga reaktan

$$= \$ 216.000.000 - \$ 1.662.351.584,7$$

$$= \$ - 1.446.351.585$$

$$= (\text{minus}) \text{ Rp}22.503.784.306.347,3$$

Harga produksi per kg metil akrilat:

$$= \frac{\text{harga bahan baku/tahun}}{\text{kapasitas pabrik}}$$

$$= \frac{\$ 1.662.351.584,7/\text{tahun}}{60.000 \text{ ton/tahun}}$$

$$= \$ 27.705,85/\text{ton}$$

$$= \text{Rp}431.075.320,15/\text{ton} (\$1 = \text{Rp}15.559)$$

Harga pembuatan per kg metil akrilat dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 27,71/kg, lebih mahal dibandingkan harga jual metil akrilat sebesar \$ 3,6/kg (rugi)

### 3. Proses Esterifikasi

Konversi: 99%

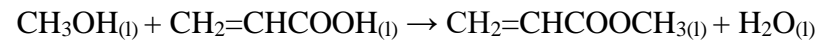
Kapasitas produk: 60.000 ton metil akrilat tiap tahun

$$\text{Mol metil akrilat} = \frac{\text{massa metil akrilat (kapasitas)}}{BM}$$

$$\text{Mol metil akrilat} = \frac{60.000.000 \text{ kg}}{86}$$

$$\text{Mol metil akrilat} = 697.674,419 \text{ kmol}$$

Dengan reaksi:



Mula	a	b		
Bereaksi	697.674,419	697.674,419	697.674,419	697.674,419
Setimbang	(a-697.674,419)	(b-697.674,419)	(c-697.674,419)	697.674,419

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 60.000 ton atau 697.674,419 kmol metil akrilat dengan konversi 99% maka dibutuhkan reaktan sebagai berikut:

$$b = \frac{99}{100} \times 697.674,419 = 704.721,63 \text{ kmol}$$

$$a : b = 1,3 : 1 \text{ maka } a = 1,3 \times 704.721,63 \text{ kmol} \\ = 916.138,12 \text{ kmol}$$

- Mol methanol = **916.138,12 kmol**

Methanol yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol methanol} \times \text{BM methanol}$$

$$= 916.138,12 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 29.316.420 \text{ kg} = 29.316,42 \text{ ton}$$

- Mol asam akrilat = **704.721,63 kmol**

Asam akrilat yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60.000.000 kg metil akrilat

$$= \text{mol asam akrilat} \times \text{BM asam akrilat}$$

$$= 704.721,63 \text{ kmol} \times 72 \text{ kg/kmol}$$

$$= 50.739.957 \text{ kg} = 50.739,957 \text{ ton}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$\begin{aligned} &= (29.316,42 \text{ ton/tahun} \times \$ 334,88/\text{ton}) + (50.739,957 \text{ ton/tahun} \times \\ &\quad \$ 1175,62/\text{ton}) \\ &= \$ 69.468.390,98 / \text{ton} \end{aligned}$$

Harga produk metil akrilat:

$$\begin{aligned} &= (60.000 \text{ ton/tahun} \times \$ 3600/\text{ton}) \\ &= \$ 216.000.000/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan per tahun} &= \text{harga produk} - \text{harga reaktan} \\ &= \$ 216.000.000 - \$ 69.468.390,98 \\ &= \$ 146.531.609,02 \\ &= \text{Rp}2.279.885.304.742,18 \end{aligned}$$

Harga produksi per kg metil akrilat:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{harga bahan baku/tahun}}{\text{kapasitas pabrik}} \\ &= \frac{\$ 69.468.390,98/\text{tahun}}{60.000 \text{ ton/tahun}} \end{aligned}$$

$$= \$ 1157,81/\text{ton}$$

$$= \text{Rp}18.014.365,79/\text{ton} (\$1 = \text{Rp}15.559)$$

Harga pembuatan per kg metil akrilat dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 1,1578/kg, lebih murah dibandingkan harga jual metil akrilat sebesar \$ 3,6/kg (layak).

Ditinjau dari segi ekonomi, proses esterifikasi memberikan keuntungan paling besar jika dibandingkan dengan proses lainnya, sehingga dari segi ekonomi proses ini dinyatakan paling layak.

### 2.1.3 Uraian Proses

Secara umum proses pembuatan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol dapat dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu:

#### 1. Unit Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa asam akrilat ( $C_3H_4O_2$ ) dari tangki penyimpanan asam akrilat, metanol ( $CH_3OH$ ) dari tangki penyimpanan metanol, masing-masing pada suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm dipompa menuju *mixing tank* untuk dicampurkan sebelum masuk reaktor. *Hydrouinone* sebagai inhibitor berupa fasa padat dari *solid storage* dialirkan menggunakan *screw conveyor* dan *bucket elevator* ke tangki pelarutan menggunakan metanol sebagai pelarut sebelum di alirkan ke *mixing tank*. Bahan baku dari *mixing tank* dan asam sulfat dari tangki penyimpanan sebagai katalis dipompakan ke dalam reaktor.

#### 2. Unit Reaksi

Reaksi pembentukan metil akrilat ( $C_4H_6O_2$ ) dilakukan di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi secara isothermal pada  $80^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Perbandingan mol bahan baku asam akrilat ( $C_3H_4O_2$ ) dan metanol ( $CH_3OH$ ) adalah 1:1,3. Sebagai katalisator digunakan asam sulfat 2%. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga kondisi isothermal perlu

dilakukan pengambilan panas. Panas diambil dari dalam reaktor melalui jaket pendingin.

### 3. Unit Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh produk metil akrilat ( $C_4H_6O_2$ ) hingga mencapai kemurnian 99%. Hasil reaksi berupa *liquid* dari reaktor dialirkan menuju distilasi pertama. Distilasi pertama akan memisahkan metil akrilat dari air dan komponen berat lainnya. Metil akrilat akan menjadi produk atas sebagai distilat yang mengandung metanol dan sedikit air, sementara produk bawah terdiri dari air, asam akrilat, asam sulfat, inhibitor, sedikit metil akrilat dan metanol. Selanjutnya distilat dari distilasi pertama akan dialirkan ke distilasi kedua untuk memurnikan metil akrilat sesuai spesifikasi produk yang diinginkan yaitu 99%. Produk atas distilasi kedua berupa metanol dan sedikit metil akrilat, sementara produk bawah terdiri dari metil akrilat dengan konsentrasi 99% dan sedikit air. Selanjutnya produk bawah dari distilasi pertama akan dialirkan ke distilasi ketiga untuk memisahkan air dari bahan baku yang masih bisa digunakan. Produk bawah dari distilasi ke tiga mengandung asam sulfat dengan konsentrasi 69,55%. Selanjutnya produk bawah distilasi ke tiga, katalis dimurnikan kembali pada distilasi ke empat supaya dapat digunakan pada reaktor sesuai kemurnian yang dibutuhkan. Sementara produk atas distilasi ke empat berupa asam akrilat dan inhibitor di *recycle* kembali sebagai bahan baku.

### 2.3 Reaksi Terbentuk

Pada proses pembentukan metil akrilat, tidak menutup kemungkinan akan terjadi reaksi lain antar komponen pada reaktor, antara lain:

1) Asam Akrilat dengan *Hydroquinone* membentuk asam hidroksisinamat



2) Asam Sulfat dengan *Hydroquinone* membentuk *tiron free acid*



3) Metil Akrilat dengan *Hydroquinone* membentuk *methylenedioxy propiophenone*



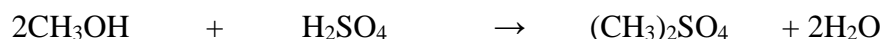
4) Metanol dengan *Hydroquinone* membentuk metil atekol



5) Asam Akrilat dengan Asam Sulfat membentuk



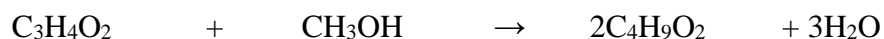
6) Metanol dengan Asam Sulfat membentuk dimetil sulfat



7) Metil Akrilat dengan Asam Sulfat membentuk *malic acid*



8) Asam Akrilat dengan Metanol membentuk butildioxidan



9) Metil Akrilat dengan Metanol membentuk *acetylacetone*





### III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

#### 3.1 Bahan Baku

##### 3.1.1 Bahan Baku Utama

###### a. Asam Akrilat

Rumus molekul	: $C_3H_4O_2$
Berat molekul	: 72,1 g/mol
Kenampakan	: cairan tak berwarna (pada 1 atm, 30°C)
Titik didih	: 141°C
Titik beku	: 13,2°C
Titik nyala	: 51°C
Suhu kritis	: 342°C
Spesifik gravity	: 1,050
Tekanan kritis	: 57 atm
Tekanan uap	: 3,2 mmHg (20°C)
Densitas	: 1,0511 g/ml (20°C)
Viskositas	: 1,3 cp (20°C)
Kemurnian	: 98% (2% air)
Kelarutan	: larut dalam air, sedikit larut dalam <i>acetone</i> , tidak larut dalam <i>diethyl ether</i> (shokubai.co.jp)

**b. Metanol**

Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> 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 (20°C)	: 0,792 – 0,793
Tekanan kritis	: 78,5 atm
Tekanan uap	: 92 mmHg (20°C)
Densitas	: 0,792 g/cm <sup>3</sup> (20°C)
Viskositas	: 0,55 cp (20°C)
Kemurnian	: 99% (1% air)
Kelarutan	: mudah larut dalam air

(PT. Kaltim Methanol Industri, 2019)

**c. *Hydroquinone***

Rumus molekul	: C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
Berat molekul	: 110,11 g/mol
Kenampakan	: Kristal jarum putih
Titik didih	: 287°C
Titik leleh	: 171-175 °C
Tekanan uap	: 1.9x10 <sup>-5</sup> mmHg (25°C)

Densitas	: 1,3 g/cm <sup>3</sup>
Kemurnian	: 99,5%
Kelarutan	: larut dalam air panas, eter dan etanol, sedikit larut dalam benzena

(Dongying Dongke Chemical Co., Ltd)

### 3.1.2 Bahan Baku Penunjang

Asam Sulfat

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Kenampakan	: cairan kental tak berwarna (1 atm, 30°C)
Titik didih	: 337°C (760 mmHg)
Titik leleh	: 10,49°C
Suhu kritis	: 337°C
Spesifik gravity	: 1,834
Tekanan kritis	: 39,48 atm
Densitas	: 1,84 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	: 21 cP (25°C)
Kemurnian	: 98% (2% air)
Kelarutan	: larut dalam air

(PT. Indonesian Acids Industry)

### 3.2 Produk Utama

#### a. Metil Akrilat

Rumus molekul	: $C_4H_6O_2$
Berat molekul	: 86,09 g/mol
Fasa	: cair
Titik didih (1 atm)	: $80^{\circ}C$
Titik leleh (1 atm)	: $-75^{\circ}C$
Densitas ( $25^{\circ}C$ )	: 0,956 g/ml
Kemurnian	: 99% metil akrilat

(Shijiazhuang, 2021)

#### b. Air

Rumus molekul	: $H_2O$
Berat molekul	: 18,009 g/mol
Fasa	: cair
Titik didih (1 atm)	: $100^{\circ}C$
Densitas	: 1 g/ml
Kemurnian	: 100%

(Perry, 1984)

## X. KESIMPULAN DAN SARAN

### 10.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik termasuk ke dalam industri yang tergolong beresiko sedang berdasarkan analisis proses dan ekonomi.
2. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 26%.
3. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,44 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) sebesar 33% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30% - 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 11%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 33,12% lebih besar dari suku bunga bank sekarang hingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

## 10.2 SARAN

Berdasarkan hasil pertimbangan kesimpulan diatas, maka pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dapat diterapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous G. 2023. [www.matche.com](http://www.matche.com). Diakses pada tanggal 15 Juli 2023.
- Anonimous. 2023. *Material Selection 2*.
- Asia Pulp and Paper Sinarmas. 2023. Pabrik. [www.asiapulpaper.com](http://www.asiapulpaper.com). Diakses pada tanggal 30 Maret 2023.
- Avian Brands. 2023. Pabrik Avian. [www.avianbrands.com](http://www.avianbrands.com). Diakses pada tanggal 30 Maret 2023.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Realisasi ekspor impor methyl acrylate periode tahun 2016-2022 (Januari) BTKI 2017*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada tanggal 12 Maret 2022.
- Badan Pusat Statistik, 2022. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) pada tanggal 10 Agustus 2022.
- Branan, Carl. 2002. *Rules of Thumb for Chemical Engineers - Third Edition*. Gulf Professional Publishing an imprint of Elsevier Science. Amsterdam.
- Brown G.George. 1950. *Unit Operation 6<sup>ed</sup>*. Wiley & Sons. USA.
- Brownell Lloyd E. and Young Edwin H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- CA Finch (2003). *Polymer dispersions and their industrial applications*. Edited by Dieter Urban and Koichi Takamura. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim,

2002. pp 420., ISBN 3-527-30286-7., 52(9), 1553–1553. doi:10.1002/pi.1257

CDH Fine Chemical. *Material Safety Data Sheet Acrylic Acid*. CDH Fine Chemical.

Chemanalyst. 2023. *Acrylic Acid Price Trend and Forecast*. [www.chemanalyst.com](http://www.chemanalyst.com). Diakses pada tanggal 30 Maret 2023.

Chemical Book. 2023. *Methyl Acrylate*. [www.chemicalbook.com](http://www.chemicalbook.com). Diakses pada tanggal 31 Maret 2023.

Coulson J.M., and Richardson J.F. 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5<sup>th</sup> Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Dhanuka. V. R, Malshe. V. C, and Chandalia. S. B. 1977. *Kinetics of the liquid phase esterification of acrylic acid with methanol and ethanol*. Great Britain. Bombay.

Dongying Dongke Chemical. 2023. *Hydroquinone*. [www.dydkchemical.en.made-in-china.com](http://www.dydkchemical.en.made-in-china.com). Diakses pada tanggal 6 Juli 2023.

DPR. 2022. [www.dpr.go.id](http://www.dpr.go.id). Diakses pada tanggal 13 Agustus 2022.

Echemi.com. 2022. Methyl Acrylate (MA) 99,5% Industrial Grade Colorless volatile liquid. [www.echemi.com](http://www.echemi.com). Diakses pada tanggal 10 Oktober 2022.

Evans, Alan W. 1972. *On The Theory Of The Valuation And Allocation Of Time*. Scottish Journal of Political Economy, Volume 19, Issue 1 p. 1-17.

Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3<sup>th</sup> Edition*. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.

Google maps. 2023. Maps. [www.google/maps.com](http://www.google/maps.com). Diakses pada tanggal 30 Maret 2023.



- Guido Strohle, *et al.* 2006. *Esterification of acrylic acid with methanol by reactive chromatography: Experiments and simulations*. Chemical Engineering Science. Zurich, Switzerland.
- Indonesian Acids Industry. 2022. Acid Plant Database. [www.sulphuric-acid.com](http://www.sulphuric-acid.com). Diakses pada tanggal 10 Oktober 2022.
- Kaltim Methanol Industri. 2022. Produk. [www.kaltimmethanol.com](http://www.kaltimmethanol.com). Diakses pada tanggal 10 Oktober 2022.
- Kemenperin. 2023. Kapasitas. [www.kemenperin.go.id](http://www.kemenperin.go.id). Diakses pada tanggal 30 Maret 2023.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kirk-Othmer. 1991. *Encyclopedia of Chemical* 5<sup>th</sup> Edition.
- Kister, H. Z. 1992. *Distillation Design*. Mc Graw-Hill. California.
- Made in China. 2022. *Hydroquinone*. [www.dydkchemical.en.made-in-china.com](http://www.dydkchemical.en.made-in-china.com). Diakses pada tanggal 10 Oktober 2022.
- Methanex. 2023. *Pricing Methanol*. [www.methanex.com](http://www.methanex.com) Diakses pada tanggal 30 Maret 2023.
- M. Witczak, M. Grzesik, and J. Skrzypek. 2004. *The Kinetics of The Esterification of Acrylic Acid with Methyl and Ethyl Alcohols*. Inzynieria Chemiczna I Procesowa. Mariusz Witczak.
- Moss, R. Dennis. 2004. *Pressure Vessel Design Manual* 3th edition. Gulf Professional Publishing. USA.
- Moss, D. R., and Basic, M. 2013. *Pressure Vessel Design Manual*. 4th edition. Oxford: Elsevier Inc.

- Nippon Shokubai. 2022. Acrylic Acid Special Esters. [www.shokubai.co.jp](http://www.shokubai.co.jp). Diakses pada tanggal 10 Oktober 2022.
- Parchem. 2015. *MSDS Hydroquinone*. Parchem-fine & Specialty Chemicals. New Rochelle.
- Perry, R. H. & Green, D. W. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7<sup>th</sup> ed.). McGraw-Hill Inc. New York.
- Perry, Robert H and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 8<sup>th</sup> edition. McGraw Hill. New York.
- Pubchem. 2022. [www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov). Diakses pada tanggal 20 November 2022.
- Rase, H.F and Holmes JR. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One: Principles and Techniques*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Reports and Data. *Methyl Acrylate Market*. [www.reportsanddata.com](http://www.reportsanddata.com). Diakses pada tanggal 31 Maret 2023.
- Sigma-Aldrich. 2022. *Lembaran Data Keselamatan*. Sigma-Aldrich Corporation.
- Smart-Lab Indonesia. 2017. *Lembar Data Keselamatan Bahan*. PT. Smart-Lab Indonesia. Tangerang.
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2006. *Chemical Engineering Thermodynamics* 7<sup>th</sup> edition. McGraw Hill: New York.
- Sugiarto, Eddy Cahyono. 2019. *Pembangunan Sumber Daya Manusia (SDM) Menuju Indonesia Unggul*. Jakarta.
- Sumitomo Chemical. 2022. Methyl Acrylate. [www.sumitomo-chem.co.jp](http://www.sumitomo-chem.co.jp). Diakses pada tanggal 4 Mei 2022.

- Timmerhaus et al., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering* 4<sup>th</sup> edition. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- T. Iizuka, S. Fujie, T. Ushikubo, Z. Chen, and K. Tanabe. 1986. *Esterification of Acrylic Acid with Methanol Over Niobic Acid Catalyst*. Elsevier Science Publishers B.V. Sapporo 060.
- Treyball, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation* 3rd edition. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Ullman. 1985. *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol 1. VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- US Patent. 2916512. 1959. *Esterification of Acrylic Acid with Methanol*.
- US Patent. 20220162149A1. 2022. *Acid Catalyzed Synthesis of Methyl Acrylate from Acrylic Acid and Methanol*. United State Patent Application Publication. Philadelphia.
- US Patent 3925463. 1975. *Process for the production of methyl acrylate*. United States Patent. Milan, Italy.
- US Patent 006022990A. 2000. *Method for Synthesizing Methyl Acrylate*. United States Patent. Chengdu, China.
- US Patent 2916512. 1959. *Esterification of Acrylic Acid with Methanol*. United States Patent Office. New York.
- US Patent 3914290. 1975. *Process for esterifying acrylic acid*. United States Patent. Philadelphia.
- Val Tech. 2012. *Methanol Safety Data Sheet*. Val Tech Diagnostics Inc. Zelienople.

Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann.  
Washington.

William M. Vatauvuk. 2002. *Updating the CE Plant Cost Index*. Chemical  
Engineering Plant Cost Index.

Yaws, Carl L. 1996. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Companies.  
New York.