

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor-02 (R-02))**

(SKRIPSI)

Oleh :
INDAH ALYA KHAIRUNNISA



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

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor-02 (R-02))

Oleh

Indah Alya Khairunnisa

Pabrik asam akrilat berbahan baku gliserol, direncanakan didirikan di Dumai, Riau. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi asam akrilat sebanyak 30.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 300 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah gliserol sebanyak 19.943,516 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan *steam*, pengadaan air proses, pengadaan air pendingin, pengadaan udara proses dan udara instrument, pengadaan listrik, dan pengolahan limbah.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 216 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	=	Rp. 365.860.823.222,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	=	Rp. 64.563.674.686,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	=	Rp. 430.424.497.908,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	=	46,97%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	=	27,55%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	=	1,47 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	=	2,02 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	=	49,33%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	=	39,46%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	=	38,34%

Mempertimbangkan paparan di atas, pendirian pabrik Asam Akrilat ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

Kata Kunci: Asam Akrilat, Dehidrasi, Gliserol, Oksidasi

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ACRYLIC ACID FROM GLYCEROL WITH CAPACITY 30.000 TONS/YEAR (Design of Reactor-02 (R-02))

By

Indah Alya Khairunnisa

Acrylic acid plant with raw materials glycerol is planned to be built in Dumai, Riau. Establishment of this plant is based on some consideration due to the raw material resources, the transportation, the labors availability and also the environmental condition.

This plant is meant to produce 30.000 tons/year with 300 working days in a year. The raw materials used consist of 19.943,516 kg/hour of glycerol.

The utility units consist of water supply system, steam supply system, instrument air supply system, power generation system, and waste treatment system.

The business entity form is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 216 workers.

From the economic analysis, it is obtained that:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	=	Rp. 365.860.823.222,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	=	Rp. 64.563.674.686,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	=	Rp. 430.424.497.908,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	=	46,97%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	=	27,55%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	=	1,47 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	=	2,02 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	=	49,33%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	=	39,46%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	=	38,34%

Considering the summary above, it is proper to study the establishment of Acrylic Acid plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

Key Word: Acrylic Acid, Dehydration, Glycerol, Oxydation

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT DARI GLISEROL
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor-02 (R-02))**

Oleh :
INDAH ALYA KHAIRUNNISA

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
2023**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ASAM AKRILAT
DARI GLISEROL KAPASITAS 30.000
TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor-02 (R-02))**

Nama Mahasiswa : Indah Alya Khairunnisa

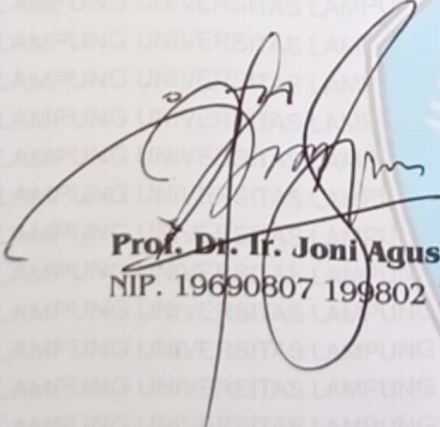
No. Pokok Mahasiswa : 1855041004


Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik


MENYETUJUI,

Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
NIP. 19690807 199802 1 001


Panca Nugrahini F, S.T., M.T.
NIP. 19730203 2000032 001

Ketua Jurusan Teknik Kimia

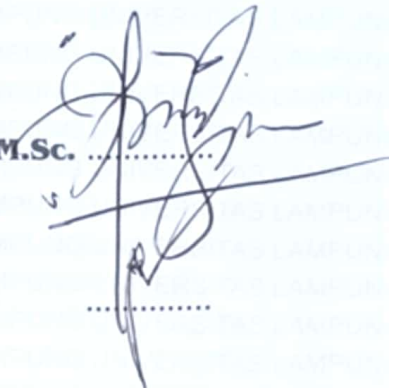

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc.**



Sekretaris

: **Panca Nugrahini F, S.T., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing


: **Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.**



Lia Lismeri, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc. 

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **17 November 2023**

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, 20 Desember 2023



Indah Alya Khairunnisa

NPM. 1855041004

RIWAYAT HIDUP



Indah Alya Khairunnisa dilahirkan di Curup pada tanggal 24 Januari 2001, sebagai anak pertama dari Bapak Wahyu Subachri dan Ibu Heni Susanti. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Pembina, diselesaikan pada tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDIT Rabbi Radhiyya pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPIT Rabbi Radhiyya pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 04 Rejang Lebong pada tahun 2018.

Tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Pada tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. BUMA CIMA Nusantara unit Bungamayang dengan Tugas Khusus “Evaluasi *Juice Heater* II Pada Unit Pemurnian”. Kemudian, pada tahun 2023 penulis menyelesaikan penelitian dengan judul “Pengurangan Kandungan Protein pada Limbah Cair Industri Menggunakan Enzim Bromelin dari Kulit Nanas (*Ananas Komosus* L.merr) Amobil dengan Kitosan sebagai Matriks Pendukung”

Selama kuliah, penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai *Staff* Departemen Kerohanian HIMATEMIA Fakultas Teknik

Universitas Lampung tahun 2019, dan Departemen Edukasi HIMATEMIA Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa, penulis menjadi Asisten Praktikum Mikrobiologi Teknik pada tahun 2021 dan Asisten Praktikum Instruksional 2 pada tahun 2023. Penulis juga menjadi Asisten Praktikum Mikrobiologi Lingkungan untuk Mahasiswa Teknik Lingkungan.

Motto dan Persembahan

“Sesungguhnya urusan-Nya apabila Dia menghendaki sesuatu Dia hanya berkata
“jadilah” maka jadilah sesuatu itu”
(QS. Al Yaasin : 82)

*“You may be a work in progress but there is still something wonderful
about you exactly as you are today.”*
(Bluey)

*“”This too shall pass”, “doing all of this for thr plot”, and
“because the world didn’t end when I was 17” will always
be my lowkey motivation to see what this life bring me.”*
(Camddeall)

*Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT,
Kupersembahkan karyaku ini kepada:*

*Kedua orang tuaku, Ibu dan Bapak Tercinta,
Alhamdulillah jaza kummullahu kheiro untuk segala bentuk kasih dan
sayang yang hingga detik ini masih senantiasa tercurah untuk putrimu ini.*

*Adik-adikku,
Alhamdulillah jaza kumullahu kheiro untuk do'a dan dukungan positif
selama ini.*

*Sahabat-sahabatku tersayang,
Terima kasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Asam Akrilat dari Gliserol dengan Kapasitas 30.000/tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tuaku tercinta, Bapak Wahyu Subachri dan Ibu Heni Susanti yang telah banyak memberikan dukungan, doa, serta semangat kepada penulis. Terima kasih telah menjadi orang tua terbaik, semoga Allah selalu melindungi kalian.
2. Adikku Tercinta, Yasmin Nurul Salsabilla, S.T. yang telah menyemangati dan mendoakan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Keluarga besar yang telah memberikan motivasi dan doa kepada penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T. M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Yuli Darni, S.T. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing I atas

semua ilmu, saran, masukan dan bimbingan selama penyelesaian Tugas Akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

7. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II sekaligus pembimbing penelitian atas semua ilmu, dukungan dan saran untuk penyelesaian Tugas akhir ini. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

8. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T. sebagai dosen penguji I sekaligus pembimbing kerja praktik atas semua ilmu, saran, kritik dan telah menuntun untuk berfikir dengan benar.

9. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. sebagai dosen penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik serta meberikan pengarahan untuk menggunakan logika dengan baik.

10. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.

11. Enda Pepayosa S.T. selaku partner terbaik Tugas Akhir penulis yang selalu sabar dalam suka duka pengerjaan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya, semoga kita menjadi anak yang sukses dan membanggakan orang tua.

12. Dormian Pakpahan, S.T., Deliana Sari Sormin, S.T., Elizan Tika, S.T., Febrina Uli Lubis, S.T., Enda Pepayosa, S.T atas dukungan dan semangatnya. Terima kasih telah menemani penulis selama masa masa sulit dalam menyelesaikan Skripsi.

13. Teman-teman angkatan 2018, teman-teman seangkatan yang tidak saya sebutkan namanya namun masing-masing punya andil yang berarti untuk selesainya masa kuliah penulis. Terima kasih untuk dukungan yang selalu diberikan, menjadi tempat bertanya, tempat bercerita dan tempat bercanda. Semoga kita semua bisa

menjadi orang yang sukses.

14. Camdeall, *Thankyou for take a break when everything feel too much for you.*

You deserve it. Semoga Kedepannya Cuma ada hal baik yang nungguin kamu.

Bandar Lampung, Desember 2023

Penulis,

Indah Alya Khairunnisa

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	2
1.4. Lokasi Pabrik	3
1.5. Analisis Pasar	5

BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1. Macam-macam Proses Pembuatan Asam Akrilat	8
2.2. Pemilihan Proses	8
2.3. Uraian Proses Asam Akrilat.....	14

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku	16
-----------------------------------	----

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1. Neraca Massa	21
4.2. Neraca Panas	29

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN

5.1. Tangki-01 (T-01)	36
5.2. Tangki-02 (T-02)	36
5.3. Pompa-01 (P-01)	37

5.4. Pompa-02 (P-02)	38
5.5. Pompa-03 (P-03)	39
5.6. Pompa-04 (P-04)	40
5.7. Pompa-05 (P-05)	41
5.8. Vaporizer 01 (V-01)	42
5.9. Knock Out Drum-01 (KOD-01).....	43
5.10. Knock Out Drum-02 (KOD-02).....	43
5.11. Knock Out Drum-03 (KOD-03).....	44
5.12. Blower-01 (BL-01)	45
5.13. Blower-01 (BL-01)	45
5.14. Heater-01 (H-01).....	46
5.15. Heater-01 (H-01).....	47
5.16. Reaktor-01 (R-01).....	48
5.17. Reaktor-02 (R-02).....	49
5.18. Heat Exchanger-01 (HE-01)	49
5.19. Heat Exchanger-02 (HE-02)	50
5.20. Partial Condensor-01 (PC-01).....	51
5.21. Partial Condensor-02 (PC-02).....	52
5.22. Partial Condensor-03 (PC-03).....	53
5.23. Kolom Distilasi-01 (KD-01)	54
5.24. Kolom Distilasi-02 (KD-02)	54
5.25. Reboiler-01 (RB-01)	55
5.26. Reboiler-02 (RB-02)	56
5.27. Condensor-01 (CD-01)	57
5.28. Accumulator-01 (ACC-01)	58
5.29. Cooler-01 (C-01)	58

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Pendukung Proses	60
6.2. Unit Pengolahan Limbah.....	76
6.3. Laboratorium.....	77
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	80

BAB VII TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik	83
7.2. Layout Pabrik.....	88
7.3. Perkiraan Luas Tanah.....	92

BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. Bentuk Perusahaan	95
------------------------------	----

8.2. Struktur Organisasi	98
8.3. Manajemen Perusahaan.....	100
8.4. Tugas dan Wewenang	101

BAB IX INVESTASI DAN EKONOMI

9.1. Investasi.....	115
9.2. Evaluasi Ekonomi	119
9.3. DCF	121

BAB X KESIMPULAN

10.1 Kesimpulan	123
10.2 Saran.....	123

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI

LAMPIRAN C SPESIFIKASI PERALATAN

LAMPIRAN D UTILITAS

LAMPIRAN E ANALISA EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Karakteristik Asam Akrilat	2
1.2 Produsen Gliserol di Indonesia	3
1.3 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia	5
1.4 Data Impor Asam Akrilat Malaysia dan Singapura	7
2.1 Data Energi Pembentukan (ΔH°) pada Suhu 25 °C	9
2.2 Data Cp (KJ/Kmol) masing-masing komponen	9
2.3 Data ΔG° (KJ/Kmol) masing –masing komponen pada 298 K	12
2.4 Perbandingan Proses untuk Memproduksi Asam Akrilat	13
3.1 Spesifikasi Gliserol	16
3.2 Spesifikasi Akrolein	17
3.3 Spesifikasi Asam Propionat	17
3.4 Spesifikasi Hidroksiaseton	18
3.5 Spesifikasi Air	18
3.6 Spesifikasi Propionaldehida	19
3.7 Spesifikasi Asam Akrilat	20
4.1.1 Neraca Massa Pada <i>Mixed Point-01</i> (MP-01)	21
4.2. Neraca Massa Pada <i>Vaporizer-01</i> (VP-01)	21
4.2.1 Neraca Massa Pada <i>Mixed Point-02</i> (MP-02)	22
4.1.4 Neraca Massa Pada <i>Reactor-01</i> (R-01)	22

4.1.5 Neraca Massa Pada Kondensor Parsial-01 (PC-01).....	23
4.1.6 Neraca Massa Pada <i>Knock Out Drum-01</i> (KOD-01).....	23
4.1.7 Neraca Massa Pada Kolom Distilasi-01 (KD-01).....	24
4.1.8 Neraca Massa Pada Kondensor Parsial-02 (PC-02).....	24
4.1.9 Neraca Massa Pada <i>Knock Out Drum-02</i> (KOD-02).....	25
4.1.10 Neraca Massa Pada <i>Reboiler-01</i> (RB-01).....	25
4.1.11 Neraca Massa Pada <i>Mixed Point-03</i> (MP-03).....	25
4.1.12 Neraca Massa Pada <i>Reactor-02</i> (R-02).....	26
4.1.13 Neraca Massa Pada Kondensor Parsial-03 (PC-03).....	26
4.1.14 Neraca Massa Pada <i>Knock Out Drum-03</i> (KOD-03).....	27
4.1.15 Neraca Massa Pada Kolom Distilasi-02 (KD-02).....	27
4.1.16 Neraca Massa Pada Kondensor-01 (CD-01).....	28
4.1.17 Neraca Massa Pada <i>Accumulator-01</i> (ACC-01).....	28
4.1.18 Neraca Massa Pada <i>Reboiler-02</i> (RB-02).....	28
4.2.1 Neraca Energi Pada <i>Mixed Point-01</i> (MP-01).....	29
4.2.2 Neraca Energi Pada <i>Vaporizer-01</i> (VP-01).....	29
4.2.3 Neraca Energi Pada <i>Mixed Point-02</i> (MP-02).....	29
4.2.4 Neraca Energi Pada <i>Heater-01</i> (H-01).....	30
4.2.5 Neraca Energi Pada <i>Reactor-01</i> (R-01).....	30
4.2.6 Neraca Energi Pada <i>Heat Exchanger-01</i> (HE-01).....	30
4.2.7 Neraca Energi Pada Kondensor Parsial-01 (PC-01).....	31
4.2.8 Neraca Energi Pada Kolom Distilasi-01 (KD-01).....	31
4.2.9 Neraca Energi Pada Kondensor Parsial-02 (PC-02).....	31
4.2.10 Neraca Energi Pada <i>Reboiler-01</i> (RB-01).....	32

4.2.11 Neraca Energi Pada <i>Mixed Point-03</i> (MP-03)	32
4.2.12 Neraca Energi Pada <i>Heater-02</i> (H-02).....	32
4.2.13 Neraca Energi Pada <i>Reactor-02</i> (R-02)	33
4.2.14 Neraca Energi Pada <i>Heat Exchanger-02</i> (HE-02)	33
4.2.15 Neraca Energi Pada Kondensor Parsial-03 (PC-03)	33
4.2.16 Neraca Energi Pada Kolom Distilasi-02 (KD-02)	34
4.2.17 Neraca Energi Pada Kondensor-01 (CD-01).....	34
4.2.18 Neraca Energi Pada <i>Reboiler-02</i> (RB-02).....	34
4.2.19 Neraca Energi Pada <i>Cooler-01</i> (C-01)	35
5.1 Spesifikasi TANGKI-01 (T-01)	36
5.2 Spesifikasi TANGKI-02 (T-02)	36
5.3 Spesifikasi POMPA-01 (P-01).....	37
5.4 Spesifikasi POMPA-02 (P-02).....	38
5.5 Spesifikasi POMPA-03 (P-03).....	39
5.6 Spesifikasi POMPA-04 (P-04).....	40
5.7 Spesifikasi POMPA-05 (P-05).....	41
5.8 Spesifikasi <i>VAPORIZER-01</i> (V-01).....	42
5.9 Spesifikasi <i>KNOCK OUT DRUM-01</i> (KOD-01)	43
5.10 Spesifikasi <i>KNOCK OUT DRUM-02</i> (KOD-02)	43
5.11 Spesifikasi <i>KNOCK OUT DRUM-03</i> (KOD-03)	44
5.12 Spesifikasi <i>BLOWER-01</i> (BL-01)	45
5.13 Spesifikasi <i>BLOWER-02</i> (BL-02)	45
5.14 Spesifikasi <i>HEATER-01</i> (H-01)	46
5.15 Spesifikasi <i>HEATER-02</i> (H-02)	47

5.16 Spesifikasi REAKTOR-01 (R-01)	48
5.17 Spesifikasi REAKTOR-02 (R-02)	49
5.18 Spesifikasi <i>HEAT EXCHANGER-01</i> (HE-01)	49
5.19 Spesifikasi <i>HEAT EXCHANGER-02</i> (HE-02)	50
5.20 Spesifikasi <i>PARTIAL CONDENSOR-01</i> (PC-01).....	51
5.21 Spesifikasi <i>PARTIAL CONDENSOR-02</i> (PC-02).....	52
5.22 Spesifikasi <i>PARTIAL CONDENSOR-03</i> (PC-03).....	53
5.23 Spesifikasi KOLOM DISTILASI-01 (KD-01)	54
5.24 Spesifikasi KOLOM DISTILASI-02 (KD-02)	54
5.25 Spesifikasi <i>REBOILER-01</i> (RB-01).....	55
5.26 Spesifikasi <i>REBOILER-02</i> (RB-02).....	56
5.27 Spesifikasi <i>CONDENSOR-01</i> (CD-01).....	57
5.28 Spesifikasi <i>ACCUMULATOR-01</i> (ACC-01)	58
5.29 Spesifikasi <i>COOLER-01</i> (C-01).....	58
6.1 Kebutuhan Air Umum.....	62
6.2 Kebutuhan Air untuk Pembangkit Steam.....	63
6.3 Kebutuhan Air Pendingin.....	66
6.4 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	81
8.1 Pembagian Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	107
8.2 Perincian Jumlah Karyawan.....	110
9.1 <i>Fixed Capital Investment</i>	116
9.2 <i>Manufacturing Cost</i>	118
9.3 <i>General Expenses</i>	119
9.4 Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Rencana Lokasi Pabrik.....	3
1.2 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia	6
1.3 Konsumsi Asam Akrilat di dunia.....	7
1.4 Peta Lokasi Pabrik Etil Asetat	10
6.1 Diagram <i>Cooling Water System</i>	68
7.1 Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Riau	87
7.2 Area Pendirian Pabrik berdasarkan <i>Google Earth</i>	88
7.3 Layout Pabrik Pembuatan Asam Akrilat.....	91
8.3 Peralatan Pabrik Pembuatan Asam Akrilat	94
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	114
9.1 Grafik Analisa Ekonomi Pabrik Asam Akrilat	121
9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik	122

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C	: Tebalkorosi yang diizinkan, m
E	: Effisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD	: Inside diameter, Outside diameter, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Working stress yang diizinkan
t	: Temperatur Operasi, °C
V	: Volume total, m ³
V _s	: Volume silinder, m ³
W	: Laju aliran massa, kg/jam
ρ	: Densitas, lb/ft ³

2. CONDENSER, COOLER, HEATER, REBOILER, HEAT EXCHANGER, PARTIAL CONDENSOR, VAPORIZER

A	= Area perpindahan panas, ft ²
a _{s,at}	= Area pada shell, tube, ft ²
a''	= external surface per 1 in, ft ² /in ft
B	= Baffle spacing, in
C	= Clearance antar tube, in
D	= Diameter dalam tube, in
D _e	= Diameter ekivalen, in
f	= Faktor friksi, ft ² /in ²
G _s	= Laju aliran massa fluida pada shell, lb/jam.ft ²
G _t	= Laju aliran massa fluida pada tube, lb/jam.ft ²
g	= Percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft ² .°F
h _{i,h_{io}}	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
jH	= Faktor perpindahan panas

k	=	Konduktivitas termal, Btu/jam.ft ² .°F
L	=	Panjang tube, pipa, ft
LMTD	=	Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
N	=	Jumlah baffle
N_t	=	Jumlah tube
P_T	=	Tube pitch, in
ΔP_r	=	Return drop sheel, Psi
ΔP_s	=	Penurunan tekanan pada shell, Psi
ΔP_t	=	Penurunan tekanan tube, Psi
ID	=	Inside Diameter, ft
OD	=	Outside Diameter, ft
ΔP_T	=	Penurunan tekanan total pada tube, Psi
Q	=	Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
R_d	=	Dirt factor, Btu/jam.ft ² .°F
Re	=	Bilangan Reynold, dimensionless
s	=	Specific gravity
T_1, T_2	=	Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	=	Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_c	=	Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_c	=	Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c	=	Clean overall coefficient, Btu/jam.ft ² .°F
U_d	=	Design overall coefficient Btu/jam.ft ² .°F
W	=	Laju alir massa fluida panas, lb/jam
w	=	Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	=	Viscositas, cp

3. DISTILLATION COLUMN

A_d	:	Downcomer area, m ²
A_t	:	Tower area, m ²
A_n	:	Net area, m ²
A_a	:	Active area, m ²

A_b	: Hole area, m^2
A_{da}	: Aerated area, m^2
C	: Faktorkorosi yang dizinkan, m
C_{sb}	: Kapasitas vapor, m/det
DI	: Clearance, mm
d_h	: Diameter hole, mm
d_c	: Diameter kolom, mm
e	: Total entrainment, kg/det
E	: Joint efficiency, dimensionless
F	: Friction factor, dimensionless
F_{iv}	: Paramateraliran, dimensionless
h_a	: Aerated liquid drop, m
h_f	: Froth height, mm
h_w	: Weir height, mm
h_{σ}	: Weep point, cm
H	: Tinggi kolom, m
L_w	: Weir length
L	: Lajualirmassa liquid solvent, kg/det
N_m	: Jumlah tray minimum
ΔP	: Pressure drop
P	: Tekanandesain, atm
q	: Lajualir volume umpan solvent, m^3/det
Q	: Lajualir volume umpan gas, m^3/det
Q_p	: Aeration factor, dimensionless
R	: $[L/D]$ refluks ratio, dimensionless
R_h	: Radius Hydrolic, m
R_m	: Refluks minimum
Re_h	: Reynold modulus, dimensionless
S	: Working stress, N/m^2
S_s	: Stage umpan
St	: Jumlah stages

t	: Tebal dinding vessel, m
T	: Temperatur operasi, °C
T_{av}	: Temperatur rata-rata, °C
U_f	: Kecepatan aerated mass, Uf
V	: Laju alir massa umpan gas, kg/det
V_d	: Downcomer velocity, m/det
α	: Relatif volatil, dimensionless
Δ	: Liquid gradien, cm
ρ_g	: Densitas gas, kg/m ³
ρ_l	: Densitas liquid, kg/m ³
ψ	: Fractional entrainment, dimensionless

4. KOMPRESSOR, BLOWER

k	= C_v / C_p
n	= Jumlah Stage
P_i	= Tekanan input, atm
P_o	= Tekanan output, atm
P	= Power kompresor (HP)
Q	= Kapasitas kompresor
T_i	= Temperatur input, K
T_o	= Temperatur output, K
η	= Efisiensi
V	= Volumetrik gas masuk
ρ	= Densitas, kg/m ³
R_c	= Rasio Kompresi
W	= Laju alir massa, lb/jam

5. KNOCK OUT DRUM

A	: vessel cross sectional area, m ²
D	: diameter vessel, m

HL	: tinggi liquid, m
Hv	: space untuk vapor, m
L	: tinggi separator, m
Ql	: liquid volumetric flowrate, m ³ /s
Qv	: vapor volumetric flowrate, m ³ /s
Ut	: settling velocity, m/s
V	: volumetric untuk hold up, m ³
Va	: kecepatan komponen uap maksimum, m/s
Vd	: design velocity, m/s
Vh	: volume head, m ³
Vs	: volume silinder, m ³
Vt	: volume separator, m ³
Wl	: laju alir liquid, kg/jam
Wv	: laju alir uap, kg/jam
ρ_v	: densitas uap, kg/m ³
ρ_l	: densitas liquid, kg/m ³

6. PUMP

A	= Area alir pipa, in ²
BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_i \text{ opt}$	= Diameter optimal pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
Gpm	= Gallon per menit
$H_{f \text{ suc}}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_{f \text{ dis}}$	= Total friksi pada discharge, ft
H_{fs}	= Skin friction loss
$H_{f \text{ suc}}$	= Total suction friction loss
H_{fc}	= Sudden Contraction Friction Loss (ft lb _m /lb _f)

H_{fc}	= Sudden expansion friction loss (ft l_b_m/l_b_f)
ID	= Inside diameter pipa, in
K_C, K_S	= Contraction, expansion loss contraction, ft
L	= Panjang pipa, ft
L_e	= Panjang ekuivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{vp}	= Tekanan uap, Psi
Q_f	= Laju alir volumetrik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
ΔP	= Beda tekanan, Psi

7. REACTOR

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
C_{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
F_{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
K	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Tebal dinding reaktor, cm
V_k	: Volume katalis, m ³
V_T	: Volume reaktor, m ³
ρ, ρ_k	: Densitas fluida, katalis, kg/m ³
R	: Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K
σ_A	: Diameter molekul, cm
M	: Berat molekul, kg/kmol
E_A	: Energi aktivasi, kJ/kmol
V_E	: Volume elipsoid, m ³
H_S	: Tinggi silinder, m

H : Tinggi tutup
H_T : Tinggi total tanki, m

8. TANKI

C = Tebalkorosi yang diizinkan
D = Diameter tangki, m
E = Efisiensi penyambungan, dimensionless
h = Tinggi head, m
H = Tinggi silinder, m
H_T = Tinggi total tangki, m
P = Tekanan Operasi, atm
S = Working stress yang diizinkan, Psia
T = Temperatur Operasi, K
t = Lama persediaan/penyimpanan, hari
V_e = Volume ellipsoidal head, m³
V_s = Volume silinder, m³
V_t = Volume tangki, m³
W = Laju alir massa, kg/jam
ρ = Densitas, kg/m

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sektor industri merupakan suatu hal yang penting pada negara berkembang seperti Indonesia. Sektor-sektor industri kimia banyak memegang peranan untuk membantu pemerintah, khususnya dalam hal ketenagakerjaan karena dengan berdirinya industri akan tercipta lapangan kerja sehingga akan mengurangi tingginya angka pengangguran sehingga akan meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat Indonesia dan meningkatkan ekonomi Indonesia memajukan Indonesia dalam bidang perindustrian.

Salah satu bahan baku industri kimia yang banyak digunakan dalam industri adalah asam akrilat berikut esternya. Saat ini konsumsi asam akrilat yang paling banyak terdapat di wilayah China, *United State*, dan diikuti beberapa daerah di wilayah Eropa barat. Rumus molekul asam akrilat adalah $C_3H_4O_2$. Asam akrilat banyak digunakan dalam industri plastik, bahan intermediate untuk pembuatan etil akrilat, n-butil akrilat, metil akrilat dan 2-etil heksil akrilat serta digunakan sebagai bahan baku Super Absorbent Polymer (SAP) dimana SAP digunakan untuk memproduksi popok sekali pakai. Asam akrilat merupakan cairan tidak berwarna dengan bau tajam yang khas dan dapat larut dalam alkohol maupun eter serta memiliki titik didih $142^{\circ}C$ dan titik leleh $13^{\circ}C$ (Lourenco *et al*, 2012). Berikut Tabel 1.1 Karakteristik Asam Akrilat

Tabel 1.1 Karakteristik Asam Akrilat

NO	Karakteristik	Keterangan
1	Bentuk	Cair
2	Warna	Tidak Berwarna
3	Bau	Tajam

Sumber : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

1.2. Kegunaan Produk

Etilen diklorida atau EDC memiliki banyak manfaat di bidang industri. Beberapa kegunaan utama asam akrilat:

1. Sebagai bahan intermediate untuk pembuatan etil akrilat, n-butil akrilat, metil akrilat dan 2-etil heksil akrilat.
2. Bentuk polimer dari akrilat untuk bahan pembentuk kaca, polis, pelapis, perekat, cat, industri tekstil, plastik dan kertas.
3. Digunakan dalam super absorbent polymers (SAPs)
4. Sebagai resin penukar ion

(sumber : The Dow Chemical Company)

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku berupa gliserol didapatkan dari industri oleokimia. Di Indonesia terdapat beberapa pabrik yang menghasilkan gliserol. Dengan keberadaan sumber bahan baku dari dalam negeri maka akan mempermudah proses transportasi dan harga bahan baku relatif lebih murah jika dibandingkan dengan mengimpor dari luar negeri. Berikut merupakan daftar pabrik penghasil gliserol.

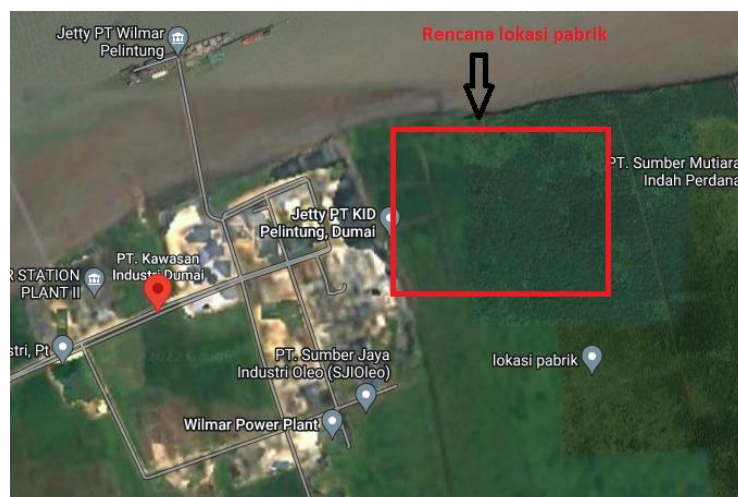
Tabel 1.2 Produsen Gliserol di Indonesia

No	Nama perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT. Wilmar Bioenergi Indonesia, Dumai, Riau	268.000
2	PT. Sinar Oleochemical Int, Deli Serdang Indonesia	15.000
3	PT. Louis Dreyfus Company, Lampung	50.000

1.4 Lokasi Pabrik

Dalam mendirikan pabrik, lokasi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan. sumber bahan baku, pemasaran produk, sarana transportasi, sumber tenaga kerja, penyediaan utilitas, keadaan lingkungan masyarakat, dan kebijakan pemerintah merupakan aspek-aspek yang harus menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik.

Gambar 1.1 Rencana Lokasi Pabrik



Sumber : Google maps (2022)

Berdasarkan pertimbangan, maka rencana lokasi pendirian pabrik Asam akrilat dari gliserol akan bertempat di Pelintang Kota Dumai Provinsi Riau dengan alasan:

1. Sumber bahan baku

Dalam proses produksi suatu pabrik, sangat bergantung pada keberadaan bahan baku. Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku akan lebih menguntungkan. Dalam hal ini, bahan baku yang digunakan yaitu Gliserol diperoleh dari PT. Wilmar Bioenergi di Dumai, Riau.

2. Pemasaran Produk, Transportasi dan Utilitas

Kebutuhan global asam akrilat semakin besar yang diperkirakan meningkat 2-3% per tahun. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan Super Absorbent Polymer (SAP) sebesar 5,5% per tahunnya dan ester akrilat sebesar 4% per tahunnya selama 2016 – 2021 (IHS market). Perdagangan produk juga dimudahkan karena dekatnya lokasi pabrik dengan Pelabuhan selingsing-rupat. Kebutuhan air proses dapat dipenuhi dari sungai Dumai dan sungai Gelam yang ada di sekitar lokasi pabrik.

3. Tenaga kerja

Tenaga kerja untuk pabrik dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah Dumai dan sekitarnya, dimana daerah tersebut merupakan kawasan industri. Daerah kawasan industri merupakan tujuan utama para pencari kerja baik tenaga kerja tingkatan terdidik maupun yang belum terdidik.

4. Masyarakat

Keadaan sosial masyarakat sudah terbiasa dengan lingkungan industri sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan beradaptasi dengan mudah.

1.5. Analisis Pasar

Saat ini pabrik yang menghasilkan asam akrilat di Indonesia adalah PT. Nippon Shobukai di Cilegon dengan kapasitas 140.000 ton/tahun. Meskipun kapasitas produksinya besar, pabrik ini belum bisa memenuhi kebutuhan Asam Akrilat di dalam negeri. Hal ini diperkuat dengan adanya impor Asam Akrilat ke Indonesia.

1. Kebutuhan Asam Akrilat dalam negeri

Menurut data, impor Asam Akrilat di Indonesia masih tergolong besar yaitu di atas 10.000 ton/tahun. Pada tabel merupakan data impor Asam Akrilat di Indonesia dalam 5 tahun terakhir.

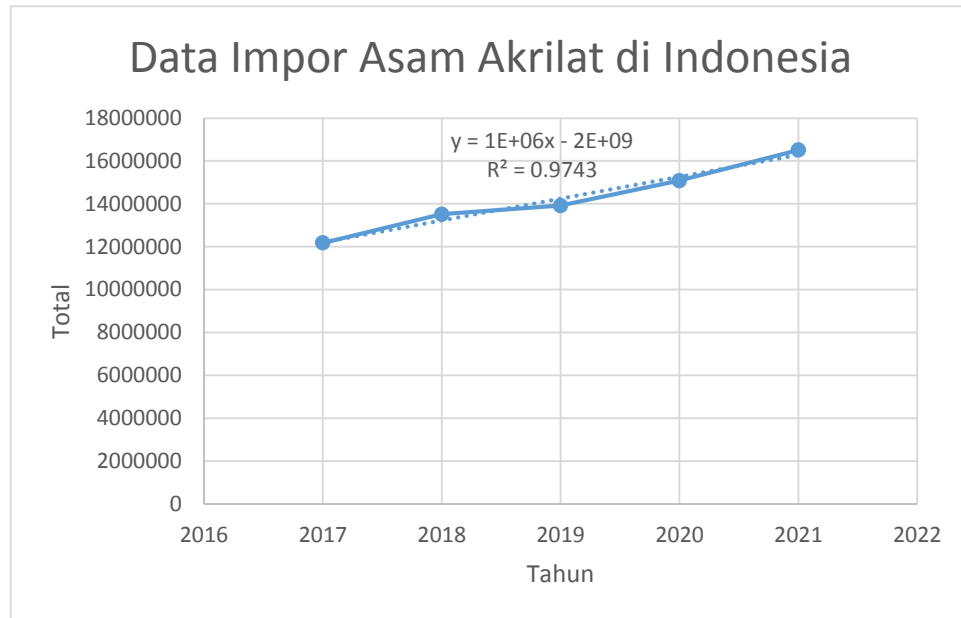
Tabel 1.3 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia

Tahun	Total (Ton)
2017	12.182,08
2018	13.517,55
2019	13.918,37
2020	15.085,09
2021	16.508,33

Sumber: *Un Comtrade, 2022*

Dari data yang ada pada Tabel 1.3, maka akan didapatkan grafik dibawah ini:

Gambar 1.2 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia



Berdasarkan Gambar 1.2 didapat persamaan:

$$y = 1E+06x - 2E+09$$

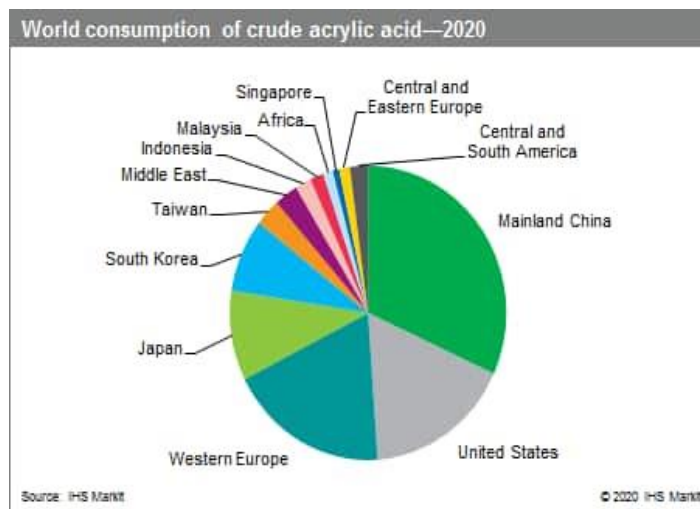
Pabrik Asam Akrilat direncanakan akan berdiri pada tahun 2027. Dari persamaan diatas dapat dihitung besar impor asam akrilat di Indonesia pada tahun 2027 yaitu:

$$\begin{aligned} y \text{ (Tahun ke-11)} &= 1E+06(2027) - 2E+09 \\ &= 27.000.000 \text{ Kg} \\ &= 27.000 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan Asam Akrilat di Asia Tenggara

Menurut data IHS market, negara yang mengkonsumsi asam akrilat terbanyak di Asia Tenggara adalah Malaysia dan Singapura

Gambar 1.3 Konsumsi Asam Akrilat di dunia



Sumber: IHS market 2020

Tabel 1.6 Data Impor Asam Akrilat Malaysia dan Singapura

TAHUN	DATA IMPOR (TON)		TOTAL (TON)
	SINGAPURA	MALAYSIA	
2017	29.750,86	8.349,66	38.100,52
2018	10.705,65	16.927,30	27.632,95
2019	9.258,01	20.315,52	29.573,54
2020	14.665,05	28.676,53	43.341,57
2021	23.738,02	91.707,55	115.445,57

Sumber: *Un Comtrade, 2022*

3. Kapasitas Produksi

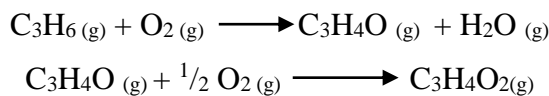
Berdasarkan data-data diatas pertimbangan diatas dan meninjau data impor negara Indonesia maka kapasitas produksi pabrik Asam Akrilat pada tahun 2027 direncanakan sebesar sebesar 30.000 ton/tahun yang nantinya dapat menutupi kebutuhan impor di negara Indonesia serta selebihnya akan diekspor ke negara-negara tetangga Indonesia seperti Malaysia dan Singapura.

BAB II PERENCANAAN PABRIK

2.1. Macam-macam Proses Pembuatan Asam Akrilat

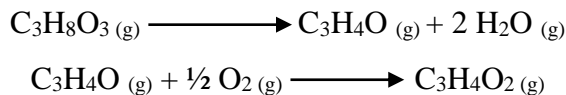
1) Proses Oksidasi *Propylene*

Pembuatan asam akrilat dengan proses oksidasi propilen didasarkan pada dua tahap, pertama menghasilkan akrolein kemudian dioksidasi menjadi asam akrilat. Proses ini beroperasi pada temperatur 300-400°C dan tekanan 2 atm dengan konversi 99,5%. Persamaan reaksi:



2) Proses *Glycerol Dehydration-Acrolein Oxidation Route*

Proses ini dilakukan dengan bahan baku berupa gliserol. Gliserol didehidrasi menjadi akrolein dengan bantuan katalis asam padat, kemudian akrolein dioksidasi pada temperatur 260-350°C dan tekanan 1 atm dengan bantuan katalis oksidasi menjadi asam akrilat. Porsen asam akrilat yang didapatkan 99,9%. Persamaan reaksi:



2.2. Pemilihan Proses

1. Berdasarkan Panas Reaksi (ΔH_r°)

ΔH menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecil nilai ΔH tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

Diketahui data energi pembentukan (ΔH°) pada 25 °C untuk masing – masing komponen :

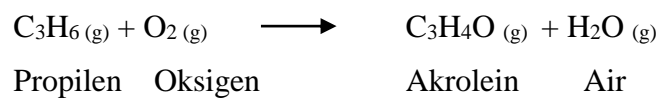
Tabel 2.1. Data Energi Pembentukan (ΔH°) pada Suhu 25 °C

Komponen		ΔH_f° 298 (KJ/Kmol)
Propilen	C ₃ H ₆	20,42
Oksigen	O ₂	0
Akrolein	C ₃ H ₄ O	-70,92
Air	H ₂ O	-242
Asam Akrilat	C ₃ H ₄ O ₂	336,45
Gliserol	C ₃ H ₈ O ₃	-585,31

Tabel 2.2. Data Cp (KJ/Kmol) masing-masing komponen

Komponen		A	B	C	D
Propilen	C ₃ H ₆	3,71	0,2345	-0,000116	2,204E-08
Oksigen	O ₂	28,106	-0,00000368	0,00001745	-1,065E-08
Akrolein	C ₃ H ₄ O	11,97	0,2105	-0,000107	1,905E-08
Air	H ₂ O	32,243	0,001923	-1,055E-05	-3,596E-09
Asam Akrilat	C ₃ H ₄ O ₂	1,742	0,31908	-0,0002352	6,9752E-08
Gliserol	C ₃ H ₈ O ₃	8,424	0,44422	-0,0003159	9,3784E-08

a. Proses dengan menggunakan Propilen



Reaksi pada suhu 298 K

$$\Delta H_{rx} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{298} &= (\Delta H_{298} \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta H_{298} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_{298} \text{ C}_3\text{H}_6) - (\Delta H_{298} \text{ O}_2) \\
 &= (-70,92 \text{ KJ/Kmol}) + (-242 \text{ KJ/Kmol}) - (20,42 \text{ KJ/Kmol}) - (0 \\
 &\quad \text{KJ/Kmol}) \\
 &= -333,34 \text{ KJ/Kmol}
 \end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 \Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\
 &= (11,97 + 32,243) - (3,71 + 28,106) \\
 &= 12,397
 \end{aligned}$$

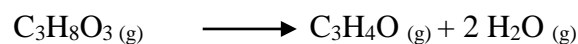
$$\begin{aligned}
 \Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\
 &= (0,2105 + 0,001923) - (0,2345 + -0,00000368) \\
 &= -0,022
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\
 &= (-0,000107 + -0,00001055) - (-0,000116 + 0,00001745) \\
 &= -0,000019
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\
 &= (-3,596\text{E-}09 + 1,905\text{E-}08) - (-1,065\text{E-}08 + 2,204\text{E-}08) \\
 &= 4,06\text{E-}09
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{r^{\circ}} &= \Delta H_{f_{298}} \text{ K} + \Delta A \cdot T + \frac{\Delta B}{2} T^2 \cdot \frac{\Delta C}{3} T^3 \cdot \frac{\Delta D}{4} T^4 \\
 &= -333,34 \text{ KJ/Kmol} + 12,397 (673,15 \text{ k}) + \frac{-0,22}{2} \cdot (673,15 \text{ k})^2 + \\
 &\quad \frac{-0,000019}{3} \cdot (673,15 \text{ k})^3 + \frac{4,06\text{e-}09}{4} \cdot (673,15 \text{ k})^4 \\
 &= 806,689 \text{ KJ/Kmol}
 \end{aligned}$$

b. Proses dengan menggunakan Gliserol



Gliserol aklorein air

Reaksi pada suhu 298 K

$$\Delta H_{rx} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= (\Delta H_{298} \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta H_{298} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_{298} \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_8) \\ &= (-70,92 \text{ KJ/Kmol}) + (-242 \text{ KJ/Kmol}) - (-585,31 \text{ KJ/Kmol}) \\ &= 272,39 \text{ KJ/Kmol}\end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned}\Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\ &= (11,97 + 32,243) - (8,424) \\ &= 35,789\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\ &= (0,2105 + 0,001923) - (0,44422) \\ &= -0,231\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\ &= (-0,000107 + -0,00001055) - (-0,0003159) \\ &= 0,000198350\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\ &= (-3,596\text{E-}09 + 1,905\text{E-}08) - (9,3784\text{E-}08) \\ &= -7,83\text{E-}08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{r^0} &= \Delta H_{f298} \text{ K} + \Delta A \cdot T + \frac{\Delta B}{2} T^2 + \frac{\Delta C}{3} T^3 + \frac{\Delta D}{4} T^4 \\ &= 272,39 \text{ KJ/Kmol} + 35,789 (633,15 \text{ k}) + \frac{-0,0231}{2} \cdot (633,15 \text{ k})^2 + \\ &\quad \frac{-0,0000198}{3} \cdot (633,15 \text{ k})^3 + \frac{-74836\text{e-}08}{4} \cdot (633,15 \text{ k})^4 \\ &= 283,169 \text{ KJ/Kmol}\end{aligned}$$

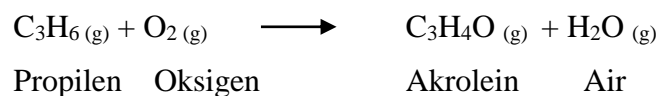
2. Berdasarkan Energi Gibbs (ΔG°)

ΔG° menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG° bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu semakin kecil atau negatif ΔG° maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil.

Tabel 2.3. Data ΔG° (KJ/Kmol) masing –masing komponen pada 298 K

Komponen		ΔH_f° 298 (KJ/Kmol)
Propilen	C_3H_6	62,76
Oksigen	O_2	0
Akrolein	C_3H_4O	-65,19
Air	H_2O	-228,77
Asam Akrilat	$C_3H_4O_2$	-286,25
Gliserol	$C_3H_8O_3$	0

a. Proses dengan menggunakan Propilen



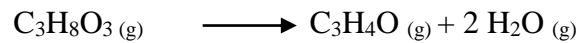
Reaksi pada suhu 298 K

$$\Delta H_{Gx} = (\Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{298} &= (\Delta G_{298} C_3H_4O) + (\Delta G_{298} H_2O) - (\Delta G_{298} C_3H_6) - (\Delta G_{298} O_2) \\ &= (-65,19 \text{ KJ/Kmol}) + (-228,77 \text{ KJ/Kmol}) - (62,76 \text{ KJ/Kmol}) - (0 \\ &\quad \text{KJ/Kmol}) \\ &= -356,72 \text{ KJ/Kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} &= \Delta H^{\circ}_{298} - \frac{T}{T_{298}} (\Delta H^{\circ}_{298} - \Delta G^{\circ}_{298}) + R \cdot \frac{T}{T_{298}} \frac{\Delta C_p}{R} dt - T \cdot \frac{T}{T_{298}} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} \\ &= -333,34 - (52,786) + (-11,071) - (4,126) \\ &= -401,324 \text{ kJ/Kmol}\end{aligned}$$

b. Proses dengan menggunakan Gliserol



Gliserol aklorein air

Reaksi pada suhu 298 K

$$\Delta H_{Gx} = (\Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{298} &= (\Delta G_{298} \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta G_{298} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G_{298} \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_3) \\ &= -65,19 \text{ KJ/Kmol} + (-228,77 \text{ KJ/Kmol}) - (62,76 \text{ KJ/Kmol}) - (0 \\ &\quad \text{KJ/Kmol}) \\ &= -356,72 \text{ KJ/Kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} &= \Delta H^{\circ}_{298} - \frac{T}{T_{298}} (\Delta H^{\circ}_{298} - \Delta G^{\circ}_{298}) + R \cdot \frac{T}{T_{298}} \frac{\Delta C_p}{R} dt - T \cdot \frac{T}{T_{298}} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} \\ &= 272,39 - (1202,698) + (-31,458) - (-15,689) \\ &= -946,077 \text{ kJ/Kmol}\end{aligned}$$

Perbandingan bahan baku dan proses yang ada untuk memproduksi asam akrilat dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.4. Perbandingan Proses untuk Memproduksi Asam Akrilat

No.	Faktor Pembanding	Proses Pembuatan	
		Oksidasi Propilen	<i>Glycerol Dehydration- Acrolein Oxidation Route</i>
1.	Bahan baku	Propilen (lokal, PT. Lotte Chemical Titan)	Gliserol (lokal, PT. Wilmar Bioenergi)

2.	Katalis	<i>Molybdenum oxide</i>	ZSM-5, <i>molybdenumvanadium oxide</i>
3.	Kondisi operasi	T = 300-400°C P = 2 atm	T = 260-350°C P = 1 atm
4.	ΔH_r°	806,689 KJ/Kmol	283,169 kJ/Kmol
5.	ΔG_r°	-401,324 kJ/Kmol	-946,077 kJ/Kmol
6.	Konversi	99,5%	99,9%
7.	Produk samping	Asam asetat, air	Propionat, asam propionate
8.	Kelemahan	Bahan baku mudah terbakar, reaksi sangat eksoterm, resiko temperatur dan tekanan tinggi.	Terdapat kandungan propionat dan asam propionat yang susah dipisahkan karna titik didih berdekatan dengan akrolein dan asam akrilat.

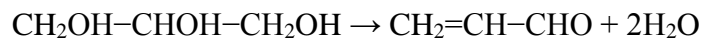
Dari 2 proses diatas dipilih proses *Glycerol Dehydration-Acrolein Oxidation Route* dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Bahan baku berupa gliserol yang mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang memadai di Indonesia.
- Proses dan peralatan yang digunakan sederhana sehingga biaya pemeliharaan dan pengendalian lebih murah.
- Komposisi yang terdapat dalam bahan baku cukup sederhana sehingga pengendalian proses relatif mudah.
- Kemurnian produk yang dihasilkan sangat tinggi.
- Memenuhi kriteria konsep *green energy*.

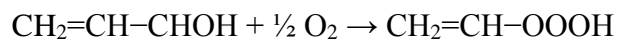
2.3.Uraian Proses Pembuatan Asam Akrilat

Bahan baku berupa gliserol cair dengan tekanan 1 atm dipompakan menuju *Vaporizer* (VP-01) untuk diuapkan, dan menghasilkan aliran uap gliserol. Lalu uap gliserol dicampurkan dengan oksigen pada *mixing point* 1 (MP-01). Keluaran MP-

01 dipanaskan hingga 300°C. Lalu aliran tersebut dialirkan menuju Reaktor- 01 (R-01) berupa *fixed bed reactor*. Pada R-01 terjadi reaksi dehidrasi gliserol dengan kehadiran katalis asam padat, berupa ZSM-5. Keluaran R-01 mengandung akrolein, air, gliserol yang tidak bereaksi, hidroksiaseton, propionaldehida, asetaldehida, karbon monoksida, dan hidrogen. Reaksi proses dehidrasi gliserol yaitu :



Produk yang dihasilkan dari R-01 kemudian dikondensasi dengan menggunakan *parsial condenser*-01 (PC-01) sehingga menghasilkan aliran liquid dan aliran gas. Aliran gas tersebut dialirkan menuju kolom distilasi-01 (KD-01) Kondisi operasi KD-01 yaitu pada $T_{\text{top}} = 53^\circ\text{C}$ dan $T_{\text{bottom}} = 100^\circ\text{C}$ dengan $P = 1 \text{ atm}$. Aliran yang keluar dari KD-01 dialirkan ke *parsial condenser*-02 (PC-02). Lalu aliran dialirkan ke *mixing point*-02 (MP-02), untuk dicampurkan dengan oksigen. Lalu aliran dipanaskan hingga 311°C. Aliran masuk Reaktor-02 (R-02) untuk mengoksidasi akrolein menjadi asam akrilat dengan bantuan katalis yaitu *molybdenum-vanadium oxide*. Produk yang dihasilkan dari tahap oksidasi akrolein yaitu asam akrilat, akrolein yang tidak bereaksi, dan asam propionat. Jenis reaktor yang digunakan dalam tahap oksidasi akrolein sama dengan reaktor yang digunakan pada tahap dehidrasi, dapat menggunakan *fixed bed reactor*. Persamaan reaksi proses oksidasi akrolein yang terjadi didalam R-02 yaitu:



Produk yang dihasilkan dari R-02 kemudian dikondensasi parsial dengan menggunakan *Persial condenser*-03 (PC-03), yang akan menghasilkan aliran gas dan aliran likuid. Lalu aliran likuid tersebut dialirkan ke kolom distilasi (KD-02) untuk dipisahkan asam akrilat dan akrolein yang tidak bereaksi, pada bagian bawah KD-02 dihasilkan asam akrilat dengan yang memenuhi standar asam akrilat kelas teknis.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Gliserol

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	$C_3H_8O_3$
2.	Berat molekul (kg/kmol)	92,09
3.	Densitas (gr/cm^3)	1,25
4.	$C_{p\text{liquid}}$ (J/mol K)	218,9
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_d ($^{\circ}C$)	290
8.	Titik leleh ($^{\circ}C$)	20
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	74,02
10.	Temperatur kritis, T_c ($^{\circ}C$)	576,85
11.	$\Delta H^{\circ}f_{(l)}$ (kJ/mol)	-668,6
12.	$\Delta H^{\circ}f_{(g)}$ (kJ/mol)	-577,9
13.	Kemurnian (%)	99,7

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

2. Akrolein

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	C_3H_4O
2.	Berat molekul (kg/kmol)	56,06
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,839
4.	$C_{p\text{liquid}}$ (J/mol K)	70,79
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_d ($^{\circ}C$)	53
8.	Titik leleh ($^{\circ}C$)	-87
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	51
10.	Temperatur kritis, T_c ($^{\circ}C$)	216,45
11.	$\Delta H^{\circ}f_{(l)}$ (kJ/mol)	-16632
12.	$\Delta H^{\circ}f_{(g)}$ (kJ/mol)	-577,9

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

3. Asam Propionat

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	$C_3H_6O_2$
2.	Berat molekul (kg/kmol)	74,075
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,993
4.	$C_{p\text{liquid}}$ (J/mol K)	158,6

5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_d (°C)	141
8.	Titik leleh (°C)	-21,5
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	4
10.	Temperatur kritis, T_c (°C)	334
11.	$\Delta H^\circ f_{(l)}$ (kJ/mol)	-510
12.	$\Delta H^\circ f_{(g)}$ (kJ/mol)	-445

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

4. Hidroksiaseton

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	$C_3H_6O_2$
2.	Berat molekul (kg/kmol)	74,08
3.	Titik didih, T_d (°C)	145,6
4.	Titik leleh (°C)	-17
5.	$\Delta H^\circ f_{(g)}$ (kJ/mol)	-445

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

5. Air

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	H_2O
2.	Berat molekul (kg/kmol)	18,015
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,995

4.	Wujud	Cair
5.	Warna	Tidak berwarna
6.	Titik leleh (°C)	0
7.	Tekanan kritis, P_c (atm)	217,76
8.	Temperatur kritis, T_c (°C)	373,85
9.	$\Delta H^\circ_{f(l)}$ (kJ/mol)	-285,83
10.	$\Delta H^\circ_{f(g)}$ (kJ/mol)	-241,83

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

6. Propionaldehida

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	C_3H_6O
2.	Berat molekul (kg/kmol)	58,08
3.	Densitas (gr/cm^3)	0,805
4.	Wujud	Cair
5.	Warna	Tidak berwarna
6.	Titik leleh (°C)	-80
7.	Titik Didih (°C)	48
8.	Tekanan kritis, P_c (atm)	52,011
9.	Temperatur kritis, T_c (°C)	326,85
10.	$\Delta H^\circ_{f(l)}$ (kJ/mol)	-218,3
11.	$\Delta H^\circ_{f(g)}$ (kJ/mol)	-188,7
12.	$C_{p\text{liquid}}$ (J/mol K)	159,1

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

7. Asam Akrilat

No.	Sifat-sifat	Keterangan
1.	Rumus molekul	$C_3H_4O_2$
2.	Berat molekul (kg/kmol)	72,06
3.	Densitas (gr/cm^3)	1,051
4.	$C_{p\text{liquid}}$ (J/mol K)	71,59
5.	Wujud	Cair
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Titik didih, T_d ($^{\circ}C$)	141
8.	Titik leleh ($^{\circ}C$)	13
9.	Tekanan kritis, P_c (atm)	52
10.	Temperatur kritis, T_c ($^{\circ}C$)	343,42
11.	$\Delta H^{\circ}f_{(l)}$ (kJ/mol)	-383,8
12.	$\Delta H^{\circ}f_{(g)}$ (kJ/mol)	-330,7

(Sumber: <https://webbook.nist.gov/>)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, Perancangan Pabrik Asam Akrilat dari Gliserol berkapasitas 30.000 Ton/Tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses utama yang digunakan adalah dehidrasi gliserol dengan rasio perbandingan umpan gliserol : oksigen = 1:1 yang menghasilkan produk utama berupa acrolein lalu acrolein dioksidasi dengan perbandingan acrolein : oksigen = 1:1,3 dan menghasilkan asam akrilat
2. Percent Return on Investment (ROI) sesudah pajak adalah 39,46%.
3. Pay Out Time (POT) sesudah pajak adalah 2,02 tahun.
4. Break Even Point (BEP) sebesar 46,97% dimana syarat umum pabrik di indonesia adalah 20-60 % kapasitas produksi. Shut Down Point (SDP) sebesar 27,55%.
5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF) sebesar 38,34% . lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perancangan pabrik asam akrilat dengan proses

oksiklorinisasi kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2006a). *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. (2006b). *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*. (online). energyefficiencyasia.org. (Diakses tanggal 5 November 2022).
- Anonim. (2009). *Water Efficiency : Water Management Options*. (online). p2infohouse.org/ref/04/03101.pdf. (Diakses tanggal 2 November 2022).
- Anonim. (2015). *Matches Process Equipment Cost Estimates*. (online). matche.com. (Diakses tanggal 26 Oktober 2022).
- Anonim. (2017a). *Physical Property of Acrylic Acid*. (online). webbook.nist.gov/chemistry. (Diakses tanggal 15 Januari 2023).
- Anonim. (2017b). *Import or Export Data of Acrylic Acid*. (online). comtrade.un.org/. (Diakses tanggal 20 Januari 2023).
- Anonim. (2017c). *Research and Analysis of Acrylic Acid and Glycerol*. (online). ihsmarkit.com/index.html. (Diakses tanggal 20 Januari 2023).
- Anonim. (2018). *Cooling Tower Efficiency Calculations*. (online). chemicalengineeringsite.in/cooling-tower-efficiency-calculations/. (Diakses tanggal 2 November 2023).
- Ariani, Fitri & Effendi, Hefni & Suprihatin, Suprihatin. (2021). *Analisis beban dan tingkat pencemaran di Perairan Dumai, Provinsi Riau*. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*. 486-497. 10.36813/jplb.4.2.486-497.

- Chauvel, A., Lefebvre, G. (1989). *Petrochemical Processes Technical and Economic Characteristics 2nd Edition*. Paris: Editions Technip.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. VI).
- Craig, B. D. & Anderson, D. B. (1995). *Handbook of Corrosion Data*. Colorado: ASM International
- Devaux, J.F., Fauconet, M., Jain, S., Tlatlik, S. (2017). *Method for the Production of Bio-sourced Acrylic Acid*. US 2017/0166507 A1.
- Dubois, J., Duquenne, C., Holderich, W. (2011). *Process for Dehydrating Glycerol to Acrolein*. EP 2377842 A1.
- Ismail, S. (1999). *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. (1957). *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Ludwig, E. E., (1997). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, Third Edition*. Houston: Gulf Publishing Co.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (2005). *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill International.
- Newnan, D. G., Eschenbach, T. G., Lavelle, J. P. (2012). *Engineering Economic Analysis Eleventh Edition*. New York: Oxford University Press
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.
- Peter, M. S., & Timmerhaus, K. D. (2005). *Plant Design and Economics*

For Chemical Engineers (7th ed., Vol. IV). New York: McGraw-Hill Book Company.

Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbot, M. M. (2001). *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics* (6th ed.). Boston: McGraw Hill.

Tichý, Josef, Jiří Kůstka, and Jaroslav Machek. "Oxidation of acrolein to acrylic acid on vanadium molybdenum oxide catalyst; The reaction kinetics." *Collection of Czechoslovak Chemical Communications* 48.3 (1983): 698-702.

Treybal, R. E. (1984). *Mass-Transfer Operation*. New York: McGraw Hill.
Van Winkle, M. (1967). *Distillation*. New York: McGraw-Hill.

Vibrandt, F. C., & Dryden, C. E. (1959). *Chemical Engineering Plant Design* (4th ed., Vol. IV). New York: McGraw-Hill International Edition.

Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.