

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN
AKROLEIN KAPASITAS
60.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

**Diajukan Untuk Mengikuti Ujian Sarjana
Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**RALFI SUKRIAH ISRA
03031282126083**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN AKROLEIN

KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Ralfi Sukriah Isra

NIM. 03031282126083

Indralaya, Juli 2025

Pembimbing,



Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.

NIP. 198208042012121001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



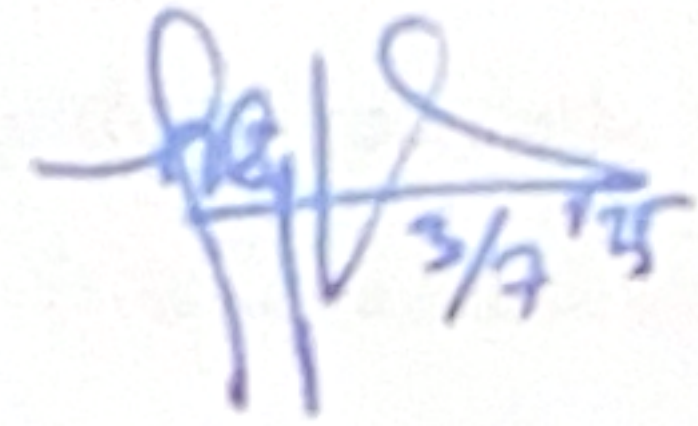
Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM.

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Akrolein Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Ralfi Sukriah Isra dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 23 Juni 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., I.P.M.
NIP. 197502012000122001

()

2. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA.
NIP. 196010111985032002

()

3. Rahmatullah, S.T., M.T.
NIP. 198905172015041002

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Indralaya, Juli 2025

Pembimbing, Tugas Akhir



Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., I.P.M.
NIP. 197502012000122001



Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

RALFI SUKRIAH ISRA

03031282126083

Judul:

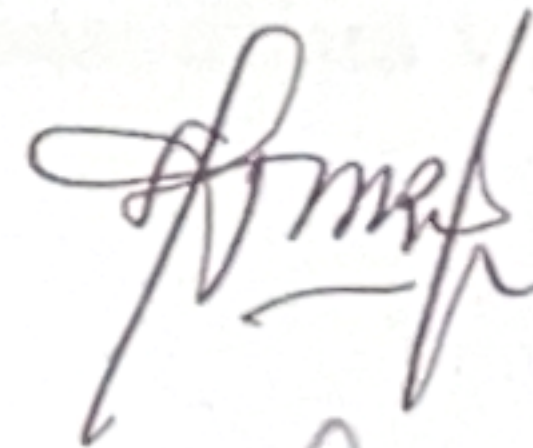
**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN AKROLEIN KAPASITAS 60.000
TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juni 2025 oleh Dosen Penguji:

1. Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., I.P.M.
NIP. 197502012000122001

()

2. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA.
NIP. 196010111985032002

()

3. Rahmatullah, S.T., M.T.
NIP. 198905172015041002

()

Indralaya, Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing, Tugas Akhir



Dr. Pralady Susmanto, S.T., M.T.

NIP. 198208042012121001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ralfi Sukriah Isra

NIM : 03031282126083

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Akrolein Kapasitas 60.000
Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 30 Juni 2025



Ralfi Sukriah Isra

NIM. 03031282126083



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* berkat limpahan rahmat, dan hidayah-Nya dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Akrolein dengan Kapasitas Produksi 60.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Penyusunannya tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak, baik secara moral maupun materi. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada.

- 1) Ibu, Uda Ilham, dan Agis yang selama ini telah membantu dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti-hentinya.
- 2) Ibu Dr.Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M. T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Bapak Dr. Prahady Susmato, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 5) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Komeng dan Paul yang telah membantu dan mensupport (paket komplit) mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan.
- 7) Pader, Abang oden, Rapi, Ijal, Mukne, Brada, Unclek, Sahabat, Malfin, dan Dobi yang telah mendengarkan keluh kesah selama pengerjaan tugas akhir dan mengajak jogging, healing, and always biliar.
- 8) Kocii dan bang zaky yang selalu membantu dalam penyusunan laporan ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Indralaya, Juni 2025

Penulis

RINGKASAN

RA RENCANA PABRIK PEMBUATAN AKROLEIN DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 60.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juni 2025

Ralfi Sukriah Isra

Dibimbing oleh Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan akrolein dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2029 berlokasi di Kawasan Industri Estate Cilegon, tepatnya di Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Banten dengan luas area 4,2 ha. Proses pembuatan akrolein ini mengacu pada Patent Patent CN 117466719A, dimana metode proses yang digunakan adalah oksidasi langsung propilena. Reaksi berlangsung dalam *multitubular fixed bed reactor* (350°C, 3 atm). Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh direktur. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan karyawan sebanyak 138 orang. Pabrik akrolein layak didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

- *Total Capital Investment TCI* = US\$ 59.324.610
- *Total Penjualan* = US\$ 1.048.142.647
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ \$478.863.032
- *Annual Cash Flow* = US\$ 196.517.878
- *Pay Out Time* = 0,32 tahun
- *Rate of Return on Investment (ROR)* = 30,55%
- *Discounted Cash Flow -ROR* = 68,43%
- *Break Event Point (BEP)* = 38,04%
- *Service Life* = 11 tahun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME	v
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan Proses Pembuatan Akrolein	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik.....	3
1.4 Sifat Fisik dan Kimia Produk dan Bahan Baku	3
1.4.1 Bahan Baku	4
1.4.2 Katalis	4
1.4.3 Produk	5
1.5 Proses Pembuatan Akrolein	5
1.5.1 Proses Oksidasi Propilena	5
1.5.2 Proses dehidrasi Gliserol.....	6
1.5.3 Proses oksidasi propana	7
BAB II PERANCANAAN PABRIK.....	8
2.1 Alasan Pendirian Pabrik.....	8
2.2 Penetapan Kapasitas Produksi	9

2.3	Pemilihan Bahan Baku	12
2.4	Pemilihan Proses	12
2.5	Uraian Proses	12
2.5.1	Tahap Preparasi	12
2.5.2	Tahap Sintesa	13
2.5.3	Tahap Separasi dan Purifikasi	13
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK		14
3.1	Lokasi Pabrik	14
3.1.1	Ketersediaan Bahan Baku	15
3.1.2	Utilitas	15
3.1.3	Transportasi dan Pemasaran Hasil Produksi	16
3.1.4	Tenaga Kerja	16
3.1.5	Karakteristik Lingkungan.....	17
3.2	Tata Letak Pabrik	17
3.3	Luas Area Pabrik.....	18
3.4	Pertimbangan Tata Letak Pabrik dan Peralatan.....	19
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		22
4.1	Neraca Massa	22
4.1.1	Mixing Point 01 (MP-01).....	22
4.1.2	Reaktor 01 (R-01)	22
4.1.3	Absorber 01 (AB-01)	23
4.1.4	Stripper-01 (ST-01)	23
4.1.5	Kolom Destilasi 01 (KD-01).....	23
4.1.6	Condensor-01 (CD-01).....	24
4.1.7	Accumulator-01 (ACC-01)	24
4.1.8	Reboiler-01 (RB-01)	24

4.1.9	Partial Condensor 01 (PC-01)	25
4.1.10	Knock Out Drum 01 (KOD-01)	25
4.2	Neraca Panas	25
4.2.1	Heater 01 A (H-01 A)	25
4.2.2	Heater 01 B (H-01 B)	26
4.2.3	Heater 01 C (H-01 C)	26
4.2.4	Heater 01 D (H-01 D)	26
4.2.5	Heater 01 E (H-01 E)	26
4.2.6	Heater 03 (H-03)	27
4.2.7	Reaktor 01 (R-01)	27
4.2.8	Cooler 01A (C-01A)	27
4.2.9	Cooler 01B (C-01B)	27
4.2.10	Cooler 01C (C-01C)	28
4.2.11	Cooler 01D (C-01D)	28
4.2.12	Absorber-01 (AB-01)	28
4.2.13	Stripper-01 (ST-01)	28
4.2.14	Kolom Distilasi-01 (KD-01)	29
4.2.15	Condensor-01 (CD-01)	29
4.2.16	Accumulator-01 (ACC-01)	29
4.2.17	Cooler 02 (C-02)	29
4.2.18	Cooler 04 (C-04)	29
4.2.19	Reboiler-01 (RB-01)	30
4.2.20	Cooler 03A (C-03A)	30
4.2.21	Cooler 03B (C-03B)	30
4.2.22	Kompresor-01 (K-01)	30
4.2.23	Partial Condensor-01 (PC-01)	31

4.2.24	Knock Out Drum-01 (KOD-01).....	31
BAB V UTILITAS.....		33
5.1	Unit Pengadaan Steam	33
5.2	Unit Pengadaan Air	34
5.2.1	Air Proses	34
5.2.2	Air Pendingin	35
5.2.3	Air Umpan Boiler.....	37
5.2.4	Air Domestik.....	37
5.2.5	Kebutuhan Air Keseluruhan.....	38
5.3	Unit Pengadaan Listrik.....	39
5.3.1	Listrik untuk Peralatan	39
5.3.2	Listrik untuk Penerangan	39
5.3.3	Listrik untuk Keperluan Lainnya	40
5.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	40
5.4.1	Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i>	40
5.4.2	Bahan Bakar Keperluan Generator	41
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....		42
6.1	Accumulator 01 (ACC-01).....	42
6.2	<i>Cooler</i> 01a (C-01a)	42
6.3	<i>Cooler</i> 01b (C-01b).....	43
6.4	<i>Cooler</i> 01c (C-01c)	43
6.5	<i>Cooler</i> 01d (C-01d).....	44
6.6	<i>Cooler</i> 02 (C-02).....	45
6.7	<i>Cooler</i> 04 (C-04)	45
6.8	<i>Cooler</i> 03a (C-03a)	46
6.9	<i>Cooler</i> 03b (C-03b).....	46

6.10	Condensor 01 (CD-01).....	47
6.11	<i>Heater</i> 01a (H-01a)	48
6.12	<i>Heater</i> 01b (H-01b).....	48
6.13	<i>Heater</i> 01c (H-01c)	49
6.14	<i>Heater</i> 01d (H-01d).....	49
6.15	<i>Heater</i> 01e (H-01e)	50
6.16	<i>Heater</i> 03 (H-03).....	50
6.17	Expander 01 (EXP-01).....	51
6.18	Kompresor 01 (K-01)	52
6.19	Kolom Destilasi 01 (KD-01).....	52
6.20	Knock Out Drum 01 (KOD-01)	53
6.21	Pompa 01 (P-01)	54
6.22	Pompa 02 (P-02)	54
6.23	Pompa 03 (P-03)	55
6.24	Pompa 04 (P-04)	56
6.25	Pompa 05 (P-05)	57
6.26	Partial Condenser 01 (PC-01)	58
6.27	Reaktor 01 (R-01)	58
6.28	<i>Absorber</i> 01 (AB-01)	59
6.29	Reboiler 01 (RB-01).....	60
6.30	Tangki 01 (T-01).....	60
6.31	Tangki 02 (T-02).....	61
6.32	Tangki 03 (T-03).....	61
6.33	Tangki 04 (T-04).....	62
6.34	Tangki 05 (T-05).....	62
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		64

7.1	Bentuk Perusahaan	64
7.2	Struktur Organisasi Perusahaan	65
7.2.1	Manajer Teknik dan Produksi	65
7.2.2	Manajer Pemasaran dan Keuangan	65
7.2.3	Manajer Kepegawaian dan Umum.....	66
7.3	Tugas dan Wewenang.....	66
7.3.1	Pemegang Saham	66
7.3.2	Dewan Komisaris	66
7.3.3	Direktur	67
7.3.4	Manajer Teknik dan Produksi	67
7.3.5	Manajer Pemasaran dan Keuangan	67
7.3.6	Manajer Kepegawaian dan Umum.....	68
7.3.7	Sekretaris.....	68
7.4	Sistem Kerja	68
7.4.1	Karyawan <i>Non-Shift</i>	69
7.4.2	Karyawan <i>Shift</i>	69
7.5	Penentuan Jumlah Karyawan	70
7.5.1	Direct Operating Labor (DOL)	70
7.5.2	Indirect Operating Labor.....	71
BAB VIII ANALISA EKONOMI		75
8.1	Profitabilitas (Keuntungan).....	76
8.1.1	Total Penjualan Produk	76
8.1.2	Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> (ACF).....	76
8.2	Lama Waktu Pengembalian Modal	77
8.2.1	Perhitungan Depresiasi.....	77
8.2.2	Lama Pengangsuran Pengembalian Modal	78

8.2.3	Pay Out Time (POT)	79
8.3	Total Modal Akhir	79
8.3.1	Net Profit Over Total Lifetime of the Project (NPOTLP).....	79
8.3.2	Total Capital Sink (TCS).....	81
8.4	Laju Pengembalian Modal	81
8.4.1	Rate of Return on Investment (ROR).....	81
8.4.2	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR).....	82
8.5	Break Even Point (BEP)	82
BAB IX KESIMPULAN		85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku	4
Tabel 1. 2. Sifat Fisika dan Kimia Katalis	4
Tabel 1. 3. Sifat Fisika dan Kimia Produk	5
Tabel 1. 4. Proses Pembuatan Akrolein.....	5
Tabel 2. 1. Data Impor Akrolein.....	9
Tabel 2. 2. Data Proyeksi konsumsi akrolein dari tahun 2019-2023	10
Tabel 2. 3. Data Impor Methionine di Indonesia	11
Tabel 2. 4. Proses Pembentukan Akrolein.....	12
Tabel 3. 1. Luas Daerah Kompleks Pabrik.....	18
Tabel 5. 1. Kebutuhan Utilitas.....	33
Tabel 5. 2. Peralatan dengan Kebutuhan Steam 360°C.....	33
Tabel 5. 3. Kebutuhan Air Proses.....	35
Tabel 5. 4. Kebutuhan Air Pendingin	35
Tabel 5. 5. Kebutuhan Air Domestik.....	38
Tabel 5. 6. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik.....	38
Tabel 5. 7. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	39
Tabel 5. 8. Kebutuhan Listrik Pabrik Akrolein	40
Tabel 5. 9. Kebutuhan Bakar Bakar	42
Tabel 7. 1. Pembagian Jadwal Kerja Pekerja Shift	70
Tabel 7. 2. Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Pembuatan Akrolein.....	71
Tabel 8. 1. Tabel Penjualan Produk.....	76
Tabel 8. 2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal	78
Tabel 8. 3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Akumulasi Kebutuhan Akrolein	10
Gambar 3. 1. Lokasi Pendirian Pabrik Akrolein	14
Gambar 3. 2. Lokasi Pabrik Akrolein dan Distribusi Bahan Baku	15
Gambar 3. 3. Lokasi Target Pasar Sebagai Konsumen Produk Akrolein...	16
Gambar 3. 4. Tata Letak Pabrik.....	19
Gambar 3. 5. Tata Letak Peralatan	20
Gambar 7. 1. Struktur Organisasi Perusahaan	74
Gambar 8. 1. Grafik Break Even Point (BEP)	83

DAFTAR NOTASI

1. Absorber

A	:	Cross section area tower, m^2
BM	:	BM, $kg/kmol$
C_c	:	Tebal korosi maksimum, in
D	:	Diameter kolom, m
D_G, D_L	:	Difusivitas gas dan liquid, m^2/s
E_j	:	Efisiensi pengelasan
F_L, F_G	:	Koefisien transfer massa gas dan liquid, $kmol/m^2.s$
G	:	Kelajuan superfisial molar gas, $kmol/m^2.s$
G'	:	Kelajuan superfisial gas, $kmol/m^2.s$
H_{tG}	:	Tinggi unit transfer fase gas, m
H_{tL}	:	Tinggi unit transfer fase liquid, m
H_{tog}	:	Tinggi unit transfer overall, m
L	:	Kelajuan liquid total, $kg/m^2.s$
L'	:	Kelajuan superfisial massa liquid, $kg/m^2.s$
m	:	Rasio distribusi kesetimbangan
P	:	Tekanan desain, psi
Sc_g, Sc_l	:	Bilangan Schmidt gas dan liquid
Z	:	Tinggi packing, m
ΔP	:	Perbedaan tekanan, N/m^2
ε	:	Energi tarik menarik molecular
ε_{Lo}	:	Fraksi volume liquid, m^3/m^3
μ_G, μ_L	:	Viskositas gas dan liquid, kg/ms
ρ_L, ρ_G	:	Densitas gas dan liquid, kg/m^3
σ_L	:	Tegangan permukaan liquid, N/m
ϕ_{lt}	:	Total hold-up liquid

2. Accumulator

C_c	:	Tebal korosi maksimum, in
E_j	:	Efisiensi pengelasan

ID, OD	: Diameter dalam, diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Tebal dinding accumulator, cm
V	: Volume total, m ³
V _S	: Volume silinder, m ³
ρ	: Densitas, kg/m ³

3. Heat Exchanger (Condenser, Cooler, Heater, Reboiler)

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T ₁ , t ₁	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T ₂ , t ₂	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U _o	: Koefisien overall perpindahan panas, W/m ² .°C
ΔT _{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m ²
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p _t	: Tube pitch, m
A _o	: Luas satu buah tube, m ²
N _t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m ³ /jam
u _t , U _s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
Db	: Diameter bundel, m
Ds	: Diameter shell, m
N _{RE}	: Bilangan Reynold
N _{PR}	: Bilangan Prandtl
N _{NU}	: Bilangan Nusselt
h _i , h _o	: Koefisien perpindahan panas shell, tube, W/m ² .°C

l_b	: Jarak baffle, m
D_e	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, W/m.°C
ρ	: Densitas, kg/m ³
μ	: Viskositas, cP
C_p	: Panas spesifik, kJ/kg.°C
h_{id}, h_{od}	: Koefisien dirt factor shell, tube, W/m ² .°C
k_w	: Konduktivitas bahan, W/m.°C
ΔP	: Pressure drop, psi

4. Kompresor

BHP	: Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP
k	: Konstanta Kompresi
n	: Jumlah stage
η	: Efisiensi kompresor
P_{IN}	: Tekanan masuk, bar
P_{OUT}	: Tekanan keluar, bar
T_1	: Temperatur masuk kompresor, °C
T_2	: Temperatur keluar kompresor, °C
P_w	: Power kompresor, HP
Q	: Kapasitas kompresor, lb/menit
R_c	: Rasio kompresi
W	: Laju alir massa, lb/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

5. Kolom Destilasi

A_a	: Active area, m ²
A_d	: Downcomer area, m ²
A_{da}	: Luas aerasi, m ²
A_h	: Hole area, m ²
A_n	: Net area, m ²
A_t	: Tower area, m ²

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter kolom, m
d_h	: Diameter hole, mm
E	: Total entrainment, kg/s
E_j	: Efisiensi pengelasan
F_{iv}	: Parameter aliran
H	: Tinggi kolom, m
h_a	: Aerated liquid drop, m
h_f	: Froth height, m
h_q	: Weep point, cm
h_w	: Weir height, m
L_w	: Weir height, m
N_m	: Jumlah tray minimum, stage
Q_p	: Faktor aerasi
R	: Rasio refluks
R_m	: Rasio refluks minimum
U_f	: Kecepatan massa aerasi, m/s
V_d	: Kelajuan downcomer
ΔP	: Pressure drop, psi
ψ	: Fractional entrainment

6. Pompa

A	: Area alir pipa, in ²
BHP	: Brake Horse Power, HP
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi ft/s ²
g_c	: Konstanta percepatan gravitas, ft/s ²
H_d, H_s	: Head discharge, suction, ft
H_f	: Total friksi, ft
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft

H_{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft
ID	: Diameter dalam, in
K_C, K_E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L_e	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N_{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
V_s	: Suction velocity, ft/s
ε	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. Reaktor

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
C_{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
D_p	: Diameter katalis, m
D_s	: Diameter shell, m
D_T	: Diameter tube, in
F_{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
H_R	: Tinggi shell reaktor, m
H_T	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
N_t	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam

p_t	: Tube pitch, in
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, $8,314 \text{ kJ/kmol.K}$
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 tangki, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_i	: Tinggi impeller, m
D_i	: Diameter impeller, m
W_b	: Lebar Baffle, m
g	: Lebar baffle pengaduk, m
r	: Panjang blade pengaduk, m
r_b	: Posisi baffle dari dinding tangki, m

8. Tangki

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
E_j	: Efisiensi pengelasan
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja diizinkan, psi
t	: Tebal dinding tangki, cm
V	: Volume tangki, m^3
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas

9. Knock Out Drum

A	: Vessel Area Minimum, m^2
C	: Corrosion maksimum, in
D	: Diameter vessel minimum, m
E	: Joint efisiensi
H_L	: Tinggi liquid, m
H_t	: Tinggi vessel, m
P	: Tekanan desain, psi
Q_v	: Laju alir volumetric massa, m^3/jam
Q_L	: Liquid volumetric flowrate, m^3/jam
S	: Working stress allowable, psi
t	: tebal dinding tangki, m
U_v	: Kecepatan uap maksimum, m/s
V_t	: Volume Vessel, m^3
V_h	: Volume head, m^3
V_t	: Volume vessel, m^3
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
ρ_g	: Densitas gas, kg/m^3
ρ_l	: Densitas liquid, kg/m^3

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Perhitungan Neraca Massa	89
Lampiran II. Perhitungan Neraca Panas	114
Lampiran III. Perhitungan Spesifikasi Alat.....	174
Lampiran IV. Perhitungan Analisa Ekonomi	351
Lampiran V. Tugas Khusus	364

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Pendahuluan

Salah satu upaya untuk mentoring pertumbuhan ekonomi di Indonesia di era globalisasi adalah dengan mengembangkan sektor industri. Industri kimia menjadi salah satu sektor yang berperan penting, dengan fokus pada peningkatan ekspor dan pengurangan impor. Impor dilakukan oleh suatu negara karena adanya kebutuhan dan harga yang lebih murah dibandingkan produk dalam negeri. Di sisi lain, ekspor dilakukan karena dapat membuka lapangan kerja, memperluas pasar, dan meningkatkan devisa negara. Upaya ini bertujuan untuk menjaga stabilitas nilai tukar rupiah serta diharapkan industri Indonesia mampu bersaing dengan industri asing dalam memenuhi kebutuhan pasar internasional.

Akrolein merupakan jenis senyawa aldehida tak jenuh yang memiliki peran signifikan dalam industri kimia. Senyawa ini digunakan sebagai bahan antara dalam produksi akrilat, resin, dan pestisida, serta berfungsi sebagai agen biocida dalam pengolahan air. Permintaan akrolein secara global terus meningkat, terutama didorong oleh perkembangan sektor industri dan manufaktur, khususnya di Asia. Produksi akrolein di dunia terkonsentrasi di beberapa negara seperti Tiongkok, Jerman, Amerika Serikat, dan beberapa negara Eropa lainnya, dengan metode utama produksinya melalui oksidasi propena.

Tiongkok merupakan salah satu produsen utama akrolein, di mana pabrik-pabrik besar menggunakan metode oksidasi langsung propena untuk memproduksinya dalam skala besar. Jerman dan beberapa negara di Eropa juga menjadi pusat produksi, dengan sebagian besar hasilnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri domestik serta diekspor ke negara-negara yang tidak memiliki fasilitas produksi akrolein itu sendiri.

Indonesia, sebagai negara dengan pertumbuhan industri yang signifikan, masih bergantung pada impor akrolein untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa pada tahun 2008, impor akrolein mencapai sekitar 6.500 ton, dan diperkirakan meningkat hingga 10.800 ton pada tahun 2020. Kondisi ini terjadi karena belum adanya fasilitas produksi

berskala industri di dalam negeri. Penelitian menunjukkan bahwa gliserol, yang merupakan produk sampingan dari industri biodiesel dan melimpah di Indonesia, berpotensi digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam produksi akrolein, misalnya melalui metode sonikasi (Lantara dkk, 2019).

Pembangunan pabrik akrolein di Indonesia sangat diperlukan untuk mengurangi ketergantungan pada impor dan meningkatkan kemandirian dalam sektor industri kimia. Selain itu, potensi bahan baku lokal yang melimpah, seperti gliserol dari industri biodiesel, dapat dimanfaatkan secara optimal untuk produksi akrolein. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang pra-perancangan pabrik akrolein yang efisien dan ramah lingkungan, serta menganalisis potensi ekspor dan kapasitas produksi guna memenuhi kebutuhan pasar regional.

1.2 Sejarah dan Perkembangan Proses Pembuatan Akrolein

Proses pembuatan akrolein dimulai pada awal abad ke-19 ketika Justus von Liebig berhasil mengisolasi pada tahun 1839 melalui reaksi dehidrasi gliserol. Pada masa itu, metode dehidrasi gliserol dengan bantuan katalis asam merupakan pendekatan utama, namun produksinya terbatas dalam skala industri karena rendahnya efisiensi dan tantangan teknis dalam mengontrol reaksi. Pada pertengahan abad ke-20, diperkenalkan metode oksidasi propena sebagai solusi yang lebih efisien dan cocok untuk skala produksi besar. Oksidasi propena menggunakan katalis molibdenum dan bismut, yang memungkinkan akrolein dihasilkan melalui reaksi oksigen dalam fase gas.

Metode oksidasi propena telah menjadi cara utama dalam produksi akrolein secara global, terutama di negara-negara maju seperti Tiongkok, Jerman, dan Amerika Serikat. Negara-negara ini memiliki infrastruktur dan teknologi yang canggih untuk memproduksi akrolein dalam skala besar. Proses ini menawarkan efisiensi produksi yang lebih tinggi, dengan tingkat hasil yang optimal, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi dan penggunaan bahan baku secara signifikan, menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.

Indonesia hingga kini belum memiliki pabrik produksi akrolein berskala industri, sehingga kebutuhan domestiknya masih bergantung pada impor. Meskipun demikian, penelitian terus berlanjut untuk mengeksplorasi potensi produksi akrolein dari bahan baku lokal, seperti gliserol, yang merupakan produk sampingan

dari industri biodiesel. Teknologi seperti sonikasi saat ini sedang dikaji untuk mengoptimalkan proses dehidrasi gliserol menjadi akrolein, yang menawarkan solusi lebih ramah lingkungan dan ekonomis dibandingkan metode konvensional.

Kemajuan teknologi saat ini memberikan peluang besar bagi Indonesia untuk mengembangkan industri akrolein di masa depan. Potensi ini tidak hanya memungkinkan pengurangan ketergantungan pada impor, tetapi juga dapat mendorong kemandirian dalam industri kimia nasional. Dengan memanfaatkan teknologi dan sumber daya lokal secara optimal, Indonesia berpotensi meningkatkan daya saing dalam industri akrolein, yang pada akhirnya memperkuat posisi industri kimia dalam negeri di pasar global.

1.3 Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

Pendirian pabrik kimia akrolein di Indonesia bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada impor yang selama ini menjadi sumber utama pemenuhan kebutuhan domestik. Melalui pembangunan pabrik lokal, Indonesia dapat meningkatkan kemandirian dan daya saing industri kimia, khususnya di sektor bahan kimia strategis. Pemanfaatan sumber daya lokal, seperti gliserol yang melimpah dari industri biodiesel, menjadi salah satu strategi untuk menekan biaya produksi dan meningkatkan efisiensi operasional, sehingga dapat menunjang keberlanjutan industri secara keseluruhan.

Pendirian pabrik akrolein di Indonesia juga bermanfaat, seperti menciptakan lapangan kerja baru yang akan mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Selain itu, produksi akrolein dalam negeri juga dapat memperkuat posisi Indonesia di pasar regional, dengan peluang ekspor ke negara-negara yang belum memiliki fasilitas produksi sendiri. Pembangunan pabrik ini tidak hanya mendukung pengembangan industri kimia nasional, tetapi juga membuka kesempatan ekspor yang dapat meningkatkan pendapatan negara secara keseluruhan, serta memperkuat daya saing Indonesia di sektor industri kimia internasional.

1.4 Sifat Fisik dan Kimia Produk dan Bahan Baku

Sifat fisik dan kimia senyawa dalam proses produksi akrolein.

1.4.1 Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan akrolein adalah propilena dan oksigen. Sifat fisika dan kimia masing-masing bahan baku telah disajikan pada Table 1.1.

Tabel 1. 1. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

Parameter	Propilena	Oksigen
Rumus molekul	C_3H_6	O_2
Berat molekul (g/mol)	42,08	32
Titik didih ($^{\circ}C$)	-47,72	-183,0
Titik leleh ($^{\circ}C$)	-185,2	-218,8
Temperatur kritis ($^{\circ}C$)	91,9	-118,6
Tekanan kritis (bar)	4,6	50,43
<i>Specific Gravity</i>	0,504	1,429
Fasa pada suhu kamar	Gas	Gas

(Sumber: Pubchem, 2024)

1.4.2 Katalis

Katalis yang digunakan pada proses pembuatan akrolein adalah *katalis berbasis molibdenum-bismut (Mo-Bi)*. Berikut pada Tabel 1.3. telah disajikan sifat fisika dan sifat kimia dari katalis.

Tabel 1. 2. Sifat Fisika dan Kimia Katalis

Parameter	Molibdenum Oksida	Bismut Oksida
Rumus molekul	MoO_3	Bi_2O_3
Berat fisik (25 $^{\circ}C$)	Padat	Padat
Warna	kuning ke coklat	kuning ke coklat
Berat molekul (g/mol)	143,94	465,96
Densitas (kg/m ³)	4,69	8,9
Titik didih ($^{\circ}C$)	1.155	1.890
Titik lebur ($^{\circ}C$)	795	817
Diameter katalis (mm)	1-5	1-5
Bentuk katalis	Padatan	Padatan
Bahaya	<i>iritasi kulit dan mata</i>	<i>iritasi kulit dan mata</i>

(Sumber: Pubchem, 2024)

1.4.3 Produk

Berikut penjelasan tentang sifat fisika dan sifat kimia dari produk utama akrolein dan produk samping air.

Tabel 1. 3. Sifat Fisika dan Kimia Produk

Parameter	Akrolein	Air
Rumus molekul	C_3H_4O	H_2O
Berat molekul	56,06	18,01
Titik didih ($^{\circ}C$)	52,5	100
Titik lebur ($^{\circ}C$)	-88	0
Titik beku (K)	185	273,15
Temperatur kritis ($^{\circ}C$)	224	647,30
Tekanan kritis (bar)	53,28	220.89
<i>Specific Gravity</i>	0,839	1
Fasa pada suhu kamar	<i>Liquid</i>	<i>Liquid</i>

(Sumber: Pubchem, 2024)

1.5 Proses Pembuatan Akrolein

Akrolein (C_3H_4O) dapat diproduksi melalui beberapa proses industri dengan bahan baku dan metode yang berbeda, diantaranya yaitu:

Tabel 1. 4. Proses Pembuatan Akrolein

Parameter	Proses Produksi		
	Oksidasi Propilena	Dehidrasi Gliserol	Oksigasi Propana
Bahan Bakunya	C_3H_6 dan O_2	$C_3H_8O_3$	C_3H_8 dan O_2
Katalis	Molibdenum-Bismut	Silika-Alumina	Molibdenum-Vanadium
Kondisi Operasi	300-400 $^{\circ}C$	250–340 $^{\circ}C$	400–500 $^{\circ}C$
Konversi dan Selektivitasnya	(80-90)%	(60-70)%	50% (Produk sampingnya tinggi berupa CO & CO ₂)

(sumber : Weissermel, K., & Arpe, H.-J., 2008)

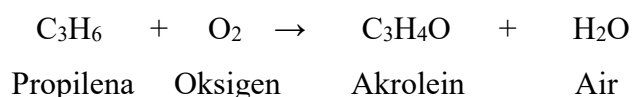
1.5.1 Proses Oksidasi Propilena

Proses ini merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan dan dianggap paling efisien dalam industri kimia modern untuk produksi akrolein. Dalam metode ini, bahan baku utama yang digunakan adalah propilena yaitu

senyawa hidrokarbon tak jenuh yang cukup reaktif. Propilena dioksidasi secara langsung menggunakan udara atau oksigen murni sebagai sumber oksigen. Proses reaksi berlangsung di dalam reaktor *multitube fixed-bed*, yang dirancang untuk memungkinkan perpindahan panas dan aliran reaktan secara optimal.

Kondisi operasi reaksi biasanya pada suhu antara 300 hingga 400°C, serta tekanan yang relatif rendah untuk menjaga kestabilan sistem dan efisiensi reaksi. Dalam proses ini digunakan katalis heterogen, terutama berbasis bismut-molibdat (Bi–Mo), yang sangat efektif dalam mendorong reaksi oksidasi selektif. Hasil utama dari proses ini adalah akrolein, sementara air terbentuk sebagai produk samping akibat reaksi oksidasi. Kombinasi antara efisiensi tinggi, ketersediaan bahan baku, dan teknologi reaktor yang mapan menjadikan metode ini sebagai pilihan utama dalam skala produksi industri.

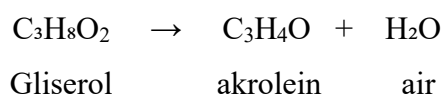
Reaksi:



1.5.2 Proses dehidrasi Gliserol

Proses dehidrasi Gliserol adalah proses pembentukan akrolein dari gliserol melalui reaksi dehidrasi, bukan penghilangan air dari akrolein itu sendiri. Dalam proses ini, gliserol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) yang merupakan senyawa alkohol tiga gugus hidroksil—dipanaskan pada suhu tinggi, sekitar 250–340°C, dalam fase gas. Reaksi ini biasanya dibantu oleh katalis asam padat seperti zeolit, silika-alumina, atau heteropoly acid. Tujuan dari proses ini adalah menghilangkan dua molekul air dari gliserol untuk menghasilkan akrolein, senyawa aldehida tak jenuh yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri kimia. Proses ini dianggap ramah lingkungan karena menggunakan gliserol sebagai bahan baku terbarukan yang diperoleh dari limbah biodiesel, sehingga memiliki potensi untuk menggantikan proses konvensional yang menggunakan propilena berbasis minyak bumi.

Reaksi:



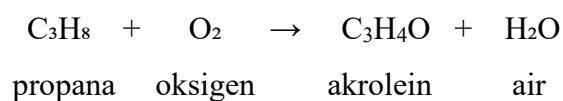
Reaksi ini menunjukkan bahwa satu molekul gliserol mengalami dehidrasi untuk membentuk satu molekul akrolein dan dua molekul air sebagai produk

samping. Reaksi ini bersifat endotermal dan membutuhkan kontrol suhu serta katalis yang tepat untuk mencapai konversi dan selektivitas yang optimal.

1.5.3 Proses oksidasi propana

Proses oksidasi propana merupakan salah satu metode alternatif untuk memproduksi akrolein secara industri. Dalam proses ini, propana (C_3H_8) digunakan sebagai bahan baku hidrokarbon jenuh yang murah dan tersedia melimpah. Propana dioksidasi dalam fase gas pada suhu tinggi, sekitar $400\text{--}500^\circ\text{C}$, dengan bantuan katalis heterogen seperti vanadium-molibdat ($V\text{--}Mo\text{--}O$) atau bismut-molibdat ($Bi\text{--}Mo\text{--}O$). Meskipun lebih stabil dibandingkan propilena, propana dapat dioksidasi secara selektif menjadi akrolein dengan pengaturan kondisi reaksi yang tepat. Proses ini memiliki keunggulan dari sisi biaya bahan baku, namun menantang dalam hal selektivitas produk, karena propana cenderung mengalami pembakaran total menjadi karbon dioksida dan air jika tidak dikendalikan dengan baik. Oleh karena itu, riset dan pengembangan terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan selektivitas konversi propana menjadi akrolein.

Reaksi:



Namun demikian, reaksi samping seperti pembentukan karbon dioksida (CO_2) dan karbon monoksida (CO) juga bisa terjadi, terutama jika suhu terlalu tinggi atau katalis tidak bekerja secara selektif. Maka dari itu, proses ini memerlukan katalis yang mampu menahan reaksi berlebihan dan menjaga arah reaksi tetap menuju pembentukan akrolein.

DAFTAR PUSTAKA

- Lantara, D., Kalla, R., dan Asnawi, I. 2019. Produksi akrolein dengan proses degradasi menggunakan gelombang suara. *Journal of Chemical Process Engineering*, 4(2), 97-102.
- Badan Pusat Statistik (2023). Data Ekspor & Impor Methionine di Indonesia. (Online). <https://www.bps.go.id/exim/> (Diakses pada Tanggal 28 Oktober 2024).
- Coulson, J. M., dan J. F. Richardson. 2015. Chemical Engineering, 6th Volume, 4th Edition. Elsevier: Inggris.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Data Ekspor dan Impor Akrolein. <https://www.bps.go.id/subject/8/ekspor-impor.html>. (Diakses Pada 28 Oktober 2024).
- Felder, R. M., Rousseau, R. W., dan Bullard, L.G. 2016. Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition. USA: WILEY.
- Perry, R. H., Green, D. W., dan Southard, M. Z. 2019. Perry's Chemical Engineers' Handbook 9th Edition. New York: McGraw-Hill Company.
- Peters, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4th Edition. New York : Mc Graw Hill International Book Co.
- Treybal, R. E. 1981. Mass Transfer Operation. Singapore: McGraw-Hill.
- Vilbrandt, F., C. dan Dryden, C., E. 1959. Chemical Engineering Plant Design. Newton: Butterworth-Heinemann.
- Walas, S. M. 1990. Chemical Process Equipment. Newton: ButterworthHeinem.
- Winkle, V. 1967. Distillation. Mc Graw Hill: New York.
- Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook. McGraw Hill: Singapura.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson Education.
- Heizer, J., & Render, B. (2017). Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management.

- Kem, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kirk-Othmer 1983. Encyclopedia of Chemical Technology Volume 23 Edisi 3. New York John Wiley and Sons.
- Baharu, R. A. A. (2023). *Prarancangan Pabrik Akrolein dari Propilen dan Udara Kapasitas 14.500 Ton/Tahun Perancangan Pabrik* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- LESTARI, J. (2024). PRARANCANGAN PABRIK AKROLEIN MENGGUNAKAN PROSES OKSIDASI PROPENA DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus: Reaktor) (Doctoral dissertation, Universitas Malikussaleh).
- Google Earth. 2025 (Online). <https://earth.google.com/> (Diakses pada Tanggal 21 Januari 2025).
- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Gerhart, E. 1992. Fixed Bed Reactors. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. B4.
- Ismail, S. 1999. Alat Industri Kimia. Inderalaya. Universitas Sriwijaya.
- Kirk-Othmer 2013. Encyclopedia of Chemical Technology Volume 2 Edisi 4. New York John Wiley & Sons, Inc.
- Lewis R.J. Sr. (2007). Hawley's Condensed Chemical Dictionary 15th Edition John Wiley & Sons, Inc.
- Perry, R. H. 2007. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Richardson, JF, Harker, J H., dan Backhurst, J. R. 2002. Coulson and Richardson's Chemical Engineering 5th Edition, Volume 2: Particle Technology & Separation Processes. New York: Butterworth-Heinemann.

Sinnott, R. K. 2005. Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6. (Hal. 322: Heat Capacities of the Element). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition. Boston: McGraw Hill.

Sutarto. 2002. Dasar-Dasar Organisasi Indonesia: BPFE Yogyakarta.

Weast R.C. 1979. Handbook of Chemistry and Physics. 60th ed. Florida: CRC Press Inc.

Pratama, A. D. (2012). Prarancangan pabrik akrolein dengan proses oksidasi propilene kapasitas 3000 ton/tahun.

Jazlina, L. N. (2018). Prarancangan Pabrik Akrolein dengan Proses Dehidrasi Gliserol Kapasitas 30.000 Ton/Tahun.