

**PRA RANCANGAN
PABRIK ASAM METAKRILAT DENGAN
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

DELINA PUSPITASARI

03031182126004

RIANGGA SAYYID ALMUKARROM

03031282126082

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

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM METAKRILAT DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:

DELINA PUSPITASARI

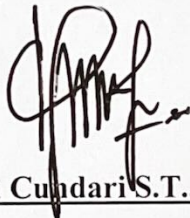
03031182126004

RIANGGA SAYYID ALMUKARROM

03031282126082

Palembang, 23 Juli 2025

Pembimbing,



Ir. Lia Cudari S.T., M.T

NIP. 198412182008122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

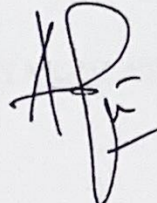
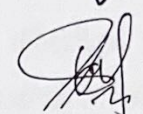


Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Metakrilat dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh Delina Puspitasari dan Riangga Sayyid Almukarrom dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 17 Juli 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D, IPM ()
NIP. 197208092000032001
2. Muhammad Rendana, B.Sc., M.Sc., Ph.D ()
NIP. 199204022019031017
3. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si ()
NIP. 198606292008122002

Mengetahui,

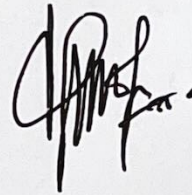
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Futi Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502012000122001

Palembang, 22 Juli 2025

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Lia Cundari, S.T., M.T
NIP. 198412182008122002

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

DELINA PUSPITASARI

03031182126004

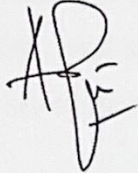
RIANGGA SAYYID ALMUKARROM

03031282126082

Judul:

“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM METAKRILAT DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN”

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Juli 2025 oleh Dosen Penguji:

1. Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D, IPM ()
NIP. 197208092000032001
2. Muhammad Rendana, B.Sc., M.Sc., Ph.D ()
NIP. 199204022019031017
3. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si ()
NIP. 198606292008122002

Palembang, 22 Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Lia Cundari, S.T., M.T

NIP. 198412182008122002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Delina Puspitasari
NIM : 03031182126004
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Asam Metakrilat dengan Kapasitas
30.000 Ton/Tahun
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Riangga Sayyid Almukarrom didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 23 Juli 2025



Delina Puspitasari

NIM. 03031182126004



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Riangga Sayyid Almukarrom
NIM : 03031282126082
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Asam Metakrilat dengan Kapasitas
30.000 Ton/Tahun
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Delina Puspitasari** didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 23 Juli 2025



Riangga Sayyid Almukarrom

NIM. 03031282126082



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* berkat limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Asam Metakrilat dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan tugas akhir penulis tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis telah banyak menerima bimbingan, petunjuk, bantuan, dan dorongan yang bersifat moral maupun materi. Diucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada

- 1) Kedua orang tua penulis yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti-hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 2) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M. T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Ibu Ir. Lia Cundari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir kami yang telah membimbing dan membantu kami menyelesaikan tugas akhir ini dengan ketulusan dan sepuh hatinya.
- 5) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Semua pihak, termasuk teman-teman, yang telah membantu, mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan.

Palembang, 23 Juli 2025

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ASAM METAKRILAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2025

Delina Puspitasari dan Riangga Sayyid Almukarrom

Dibimbing oleh Ir. Lia Cundari, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik Asam Metakrilat direncanakan berlokasi di Kelurahan Gunungsugih, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Banten, Indonesia. Pabrik ini meliputi area seluas 6 Ha dengan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton per tahun. Proses pembuatan asam metakrilat dilakukan dengan proses *methacrolein to methacrylic acid*, dimana metakrolein direaksikan dengan oksigen di dalam *Fixed Bed Multitubular Reactor* pada temperatur 270°C dan tekanan 1,1 atm. Katalis yang digunakan ialah *Heteropolyacid*. Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas dengan sistem organisasi line and staff, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan jumlah karyawan sebanyak 106 orang. Pabrik pembuatan asam metakrilat ini dinyatakan layak untuk didirikan dengan memenuhi parameter ekonomi sebagai berikut:

- | | |
|---|--------------------|
| a. Biaya Investasi | = \$ 70.856.407,87 |
| b. <i>Total Biaya Produksi</i> (TPC) | = \$ 57.505.282,60 |
| c. Arus Kas Tahunan (<i>Annual Cash Flow</i>) | = \$ 25.645.384,82 |
| d. <i>Pay Out Time</i> (POT) | = 2,57 tahun |
| e. <i>Rate of Return on Investment</i> (ROR) | = 28,19% |
| f. <i>Discounted Cash Flow</i> ROR (DCF-ROR) | = 30,95% |
| g. <i>Break Even Point</i> (BEP) | = 31,19% |
| h. Masa Operasional (<i>Service Life</i>) | = 11 tahun |

Kata Kunci: Asam Metakrilat, *methacrolein to methacrylic acid*, Perseroan Terbatas

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	IV
ABSTRAK	V
DAFTAR ISI.....	VI
DAFTAR TABEL	VIII
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR NOTASI.....	X
DAFTAR LAMPIRAN	XVIII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. SEJARAH DAN PERKEMBANGAN	2
1.3. MACAM-MACAM PROSES PEMBUATAN.....	3
1.4. SIFAT-SIFAT FISIK DAN KIMIA.....	6
BAB II PERENCANAAN PABRIK.....	8
2.1. ALASAN PENDIRIAN PABRIK	8
2.2. KAPASITAS PRODUKSI.....	9
2.3. PEMILIHAN BAHAN BAKU	13
2.4. PEMILIHAN PROSES.....	14
2.5. URAIAN PROSES.....	15
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	18
3.1. LOKASI PABRIK	18
3.2. TATA LETAK PABRIK	22
3.3. PERKIRAAN LUAS TANAH YANG DIPERLUKAN.....	25
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	26
4.1. NERACA MASSA.....	26
4.2. NERACA PANAS.....	33
BAB V UNIT UTILITAS	39

5.1.	UNIT PENGADAAN STEAM	39
5.2.	UNIT PENGADAAN AIR	40
5.3.	UNIT PENGADAAN REFRIGERAN	45
5.4.	UNIT PENGADAAN LISTRIK	45
5.5.	UNIT PENGADAAN BAHAN BAKAR	48
5.6.	UNIT PENGADAAN AIR PEMADAM KEBAKARAN	49
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN		52
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		82
7.1.	BENTUK PERUSAHAAN	82
7.2.	STRUKTUR ORGANISASI	83
7.3.	MANAJEMEN DAN STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	84
7.4.	TUGAS DAN WEWENANG	85
7.5.	SISTEM KERJA	88
7.6.	PENENTUAN JUMLAH KARYAWAN	89
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....		95
8.1.	PROFITABILITAS (KEUNTUNGAN)	96
8.2.	LAMA WAKTU PENGEMBALIAN MODAL	97
8.3.	TOTAL MODAL AKHIR	99
8.4.	LAJU PENGEMBALIAN MODAL	101
8.5.	BREAK EVEN POINT (BEP)	102
BAB IX KESIMPULAN		105
DAFTAR PUSTAKA		106

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan Proses Produksi Etilen	5
Tabel 2.1. Data Impor Asam Metakrilat Di Indonesia.....	9
Tabel 2.2. Data Impor Asam Metakrilat Di Asia	10
Tabel 2.3. Persen Pertumbuhan Asam Metakrilat Di Indonesia	11
Tabel 2.4. Persen Pertumbuhan Asam Metakrilat Di Asia	12
Tabel 2.5. Kapasitas Pabrik Produksi Asam Metakrilat	13
Tabel 5.1. Kebutuhan Saturated Steam 230°C	39
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Proses	40
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	41
Tabel 5.4. Kebutuhan Air Domestik	44
Tabel 5.5. Total Kebutuhan Air Dalam Pabrik	44
Tabel 5.6. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	46
Tabel 5.7. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	47
Tabel 5.8. Kebutuhan Bahan Bakar	49
Tabel 5.9. Kebutuhan Air Pemadam Kebakaran.....	51
Tabel 7.1. Pembagian Waktu Kerja Karyawan Shift	89
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Pembuatan Asam Metakrilat	92
Tabel. 8.1. Total Penjualan Produk.....	96
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal.....	98
Tabel 8.3. Nilai Slope Dan Intercept Break Even Point	103
Tabel 8.4. Kesimpulan Analisa Ekonomi	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2. Peta Lokasi Pabrik.....	19
Gambar 3.3. Lokasi Supplyer Bahan Baku Utama	20
Gambar 3.4. Jarak pemenuhan Utilitas Pabrik.....	23
Gambar 3.6. Perencanaan Tata Letak Pabrik	24
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	103

DAFTAR NOTASI

1. 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

2. Heat Exchanger (Condenser, Cooler, Heater, Reboiler, Partial Condensor)

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
D_b	=	Diameter bundel, m
D_s	=	Diameter shell, m

N_{RE}	=	Bilangan Reynold
N_{PR}	=	Bilangan Prandtl
N_{NU}	=	Bilangan Nusselt
h_i, h_o	=	Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
l_b	=	Jarak baffle, m
D_e	=	Diameter ekivalen, m
k_f	=	Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	=	Densitas, kg/m^3
μ	=	Viskositas, cP
C_p	=	Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
h_{id}, h_{od}	=	Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_w	=	Konduktivitas bahan, $W/m \cdot ^\circ C$
ΔP	=	Pressure drop, psi

3. Kolom Destilasi Ekstraksi

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

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. 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

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

a''	= Flow area (in ²)
A_c	= Cross sectional area (m ²)
A_p	= particle <i>external</i> surface area (m ²) (m ²)
BM	= Berat molekul (kg/kmol)
C	= <i>Clearance</i> (m)
C_c	= Tebal korosi maksimum (m)
C_p	= Kapasitas panas fluida (J/kg°C)
De	= equivalent diameter (m)
dh	= hydraulic diameter, KirschereKast hydraulic diameter (mm)
dp	= particle diameter, diameter katalis, equivalent pellet diameter (mm)
G_g	= <i>superficial mass velocity</i> of gas (kg/m ² .jam)
H_b	= Bed (catalyst + void) (m)
H_c	= Catalyst (tanpa void or murni katalis) (m)
H_f	= Tinggi <i>liquid + vapor</i> (tanpa katalis dalam reaktor) (m)
H_h	= Head atas atau bawah (m)
H_h	= Head atas dan bawah (m)
H_t	= Total reaktor (m)
k	= Konstanta laju reaksi (m ³ /kmol.s)
L	= <i>liquid mass velocity</i> (kg/m ² .s) (kg/m ² .jam)
m	= Laju alir massa (kg/jam)

P	=	Tekanan desain (psi)
Q	=	Laju alir volumetrik (m^3/jam)
R	=	Konstanta gas ($\text{kJ}/\text{kmol.K}$)
(-r)	=	Laju reaksi ($\text{kmol}/\text{m}^3.\text{s}$)
r	=	Jari-jari kolom (m)
Re	=	Bilangan Reynold
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding reaktor (m)
U _g	=	superficial velocity gas (m/jam)
U _l	=	superficial velocity <i>liquid</i> (m/jam)
V _H	=	Volume head (m^3)
V _k	=	Volume katalis (m^3)
V _R	=	Volume reaktor (m^3)
V _S	=	Volume <i>shell</i> (m^3)
We _l	=	Weber number <i>liquid</i>
W _k	=	Berat katalis (kg)
X _g	=	modified LockharteMartinelli number
ε	=	porosity, voidage, turbulent energy dissipation rate
μ	=	Viskositas fluida ($\text{kg}/\text{m.s}$)
ρ	=	Densitas fluida (kg/m^3)
ρ_b	=	Bulk density katalis (kg/m^3)
ρ_g	=	densitas gas (kg/m^3)
ρ_k	=	Densitas katalis katalis (kg/m^3)
σ	=	Surface tension, N/m (dynes/cm)
ϕ	=	Porositas
ϕ_s	=	Sphericity
ΔG	=	Energi aktivasi (kJ/kmol)
ΔH	=	Entalpi pembentukan ($\text{kJ}/\text{kmol.K}$)

8. Tangki

C_c	=	Tebal korosi maksimum (m)
D	=	Diameter tangki (m)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>
h	=	Tinggi ellipsoidal (m)
H	=	Tinggi silinder (m)
H_T	=	Tinggi total tangki (m)
OD	=	Diameter luar (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari tangki (m)
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding tangki (m)
V_e	=	Volume ellipsoidal (m^3)
V_s	=	Volume silinder (m^3)
V_t	=	Kapasitas tangki (m^3)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
ρ	=	Densitas <i>liquid</i> (kg/m^3)

9. Quenching Tower

$T_{g, in}$	=	Temperatur gas masuk, K
T_l	=	Temperatur liquid, K
V_l	=	Volume cairan, cm^3
Q_l	=	Kecepatan volumetris cairan, cm^3 /jam
V_h	=	Volume head sampa straight flange, m^3
ID	=	Diameter tangki, m
ΔP	=	Pressure Drop dalam air, inches of water
E	=	Joint efficiency
C	=	Corrosion allowence, in
R_c	=	crown radius, in
R_l	=	knuckle radius, in
v_g	=	Kecepatan linear gas, m/s
θ	=	Waktu yang diperlukan quencher untuk mendinginkan feed, s
D_s	=	Diameter spray, m

Hs	= Tinggi spray, m
q	= Debit per orifice, m^3/jam
do	= Diameter orifice, m
Nt	= Jumlah Orifice, buah
At	= Luas area total orifice, m^2

10. Decanter

Wc	= Laju alir massa fase kontinyu (kg/jam)
ρ_c	= Densitas fase kontinyu (kg/m^3)
Qc	= Laju alir volumetrik fase kontinyu (m^3/jam)
μ_c	= Viskositas fase kontinyu ($\text{kg}/\text{m.s}$)
Wd	= Laju alir massa fase dispersi (kg/jam)
ρ_d	= Densitas fase dispersi (kg/m^3)
Qd	= Laju alir volumetrik fase dispersi (m^3/jam)
μ_d	= Viskositas fase dispersi ($\text{kg}/\text{m.s}$)
dd	= Diameter droplet (μm)
Ud	= Kecepatan pengendapan droplet (m/s)
Ddec	= Diameter decanter (m)
h	= Tinggi decanter (m)
I	= Ketebalan dispersi band (m)
Zi	= Tinggi antarmuka cairan (m)
Zt	= Kedalaman pengambilan light liquid (m)
Za	= Kedalaman pengambilan heavy liquid (m)
tr	= Waktu tinggal droplet (s)
Dp	= Diameter pipa (m)
ID	= Diameter dalam decanter (m)
OD	= Diameter luar decanter (m)
t	= Ketebalan dinding decanter (m)
th	= Ketebalan head (in)
Vt	= Volume head torispherical (m^3)
Vsf	= Volume straight flange (m^3)
Vs	= Volume silinder (m^3)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Perhitungan Neraca Massa.....	110
LAMPIRAN II Perhitungan Neraca Panas	157
LAMPIRAN III Perhitungan Spesifikasi Peralatan	214
LAMPIRAN IV Perhitungan Ekonomi.....	397
LAMPIRAN V Tugas Khusus	413

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di berbagai sektor di Indonesia bertujuan untuk dapat meningkatkan perekonomian dalam negeri. Industri merupakan salah satu sektor penting yang memberikan kontribusi besar bagi perekonomian Indonesia. Tujuan dari pembangunan industri dalam negeri tercantum dalam Peraturan Presiden nomor 28 tahun 2021 tentang kebijakan industri nasional dengan visi Indonesia menjadi negara industri maju. Pembangunan industri dengan menciptakan lapangan pekerjaan baru, serta mengurangi pemakaian produk dari industri luar negeri.

Perkembangan dalam hal pembangunan industri kimia harus terus dilakukan untuk dapat menekan angka impor tersebut. Salah satu bahan kimia yang banyak digunakan dalam industri dalam negeri adalah asam metakrilat. Asam metakrilat banyak digunakan dalam industri kimia sebagai bahan baku dalam industri polimer dan plastik. Asam metakrilat diproduksi secara industri dalam skala besar sebagai prekursor ester, terutama *methyl meth-acrylate* (MMA) dan *Poly-methyl meth-acrylate* (PMMA) (Purnavita dkk, 2022). Asam metakrilat digunakan sebagai bahan pembuatan cat, pernis, bahan tambahan pada tekstil kulit, pembuatan resin metakrilat, dan pembuatan plastik (Afifah dan Wicaksono, 2018).

Jumlah kebutuhan impor asam metakrilat pada 2024 sebanyak 1.430 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2024) dengan rata-rata kenaikan nilai impor pertahun 6,65%. Kebutuhan ini belum bisa dipenuhi. Nilai impor asam metakrilat pada tahun 2024 mencapai USD\$ 3,5 juta (Badan Pusat Statistik, 2024). Nilai ini akan terus meningkat di tahun yang akan datang jika tidak segera di tanggulangi. Asam metakrilat sendiri belum memiliki pabrik produksi di Indonesia maupun di asia, sedangkan di berbagai negara asia seperti China, Jepang, Singapura, Malaysia, Thailand, dan India dengan jumlah total impor asam metakrilat pada tahun 2024 mencapai 26.000 ton/tahun (Uncomtrade, 2024). Semakin meningkatnya permintaan global terhadap senyawa asam metakrilat sebagai bahan baku dari industri kimia, akan semakin besar prospek dari pendirian pabrik asam metakrilat. Asam metakrilat dapat dibuat dari berbagai macam bahan baku, yaitu metil metakrilat, isobutilena, aseton sianohidrin, dan formaldehida (Bors dkk, 2023).

Berdasarkan ke empat bahan baku tersebut, isobutilen menjadi pilihan yang paling stabil dan tidak berdampak pada kebutuhan masyarakat karena isobutilen berasal dari cracking minyak bumi yang harganya pun lebih murah di banding bahan baku lain yang harus di sintesis dari bahan baku lain dan memiliki harga yang mahal karena merupakan produk akhir, sehingga penggunaannya untuk industri tidak mengganggu kebutuhan pangan.

Produksi asam metakrilat berdasarkan Patent US0124059A1 (Krill dkk, 2023) memiliki potensi dengan proses yang mudah melalui reaksi tandem oksidasi isobutilen. Produksi asam metakrilat sendiri dapat melalui beberapa jenis proses yang lain antaranya yaitu proses hidrolisis, esterifikasi, dan oksidasi (Muktia dan Pamuji, 2018). Proses oksidasi menggunakan suhu dan tekanan yang rendah dibandingkan dua proses yang lainnya serta penggunaan katalis pada reaksi hidrolisis sendiri memiliki umur pemakaian yang lebih panjang dibandingkan hidrolisis yang menggunakan H_2SO_4 dengan pemakaian yang lebih sering untuk diganti. Sehingga pembuatan asam metakrilat dengan proses oksidasi isobutilen memiliki potensi tinggi untuk dipergunakan dalam pendirian pabrik asam metakrilat untuk memenuhi kebutuhan asam metakrilat di berbagai industri.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Produk asam metakrilat dan asam akrilat telah dilakukan sintesis sejak pertengahan abad ke-19. Potensi pembentukan senyawa asam metakrilat ini telah ditemukan pada sekitar tahun 1901 ketika ahli kimia Jerman bernama Otto Rohm menerbitkan penelitian doktoral tentang polimer ester akrilik. Kemudian dimulai secara komersial pada tahun 1930, ester asam akrilat dipolimerisasi untuk membentuk resin poliakrilat yang sekarang merupakan unsur penting dalam cat akrilik, dan ester asam metakrilat dipolimerisasi menjadi polimetil metakrilat, plastik bening yang dijual dengan merek dagang seperti *Plexiglas* dan *Perspex*. Pada tahun 1950, produk berupa Orlon merupakan serat akrilik pertama yang sukses diproduksi secara komersial, dan diperkenalkan oleh *E.I du Pont de Nemours & Company* yang sekarang bernama *DuPont Company*.

Berdasarkan Annalen (1865) asam metakrilat pertama kali diperoleh dalam bentuk etil esternya dengan mereaksikan senyawa fosfor pentaklorida dengan ester oksisobutirat (asam betahidroksi-butirat atau asam 3-hidroksibutirat). Senyawa-

senyawa ini ketika menyatu dengan alkali ia akan membentuk asam propanoat. Natrium amalgam kemudian akan mengurangnya menjadi asam isobutirat. Suatu bentuk polimer dari asam metakrilat dijelaskan pada tahun 1880 dimana asam metakrilat juga dapat dibuat dari reaksi antara senyawa aseton sianohidrin dengan asam sulfat yang diubah menjadi metakrilamida sulfat. Turunan ini kemudian dihidrolisis menjadi asam metakrilat, atau diesterifikasi menjadi metil metakrilat dalam proses satu langkah. Asam metakrilat dapat dibuat dengan dekarboksilasi asam itakonat, asam sitrakonat, dan asam mesakonat.

Pada tahun 1920 penelitian yang dilakukan oleh Ipatieff di Universal Oil Products (UOP) menggunakan katalis asam kuat seperti asam sulfat atau fosfat dalam kondisi suhu dan tekanan sedang, yang kemudian dilakukan pengembangan lebih lanjut pada tahun 1950-1960, penelitian beralih ke pengembangan katalis padat seperti resin penukar ion dan zeolit untuk mengatasi masalah korosi dan limbah asam, proses hidrolisis isobutilena diintegrasikan dengan oksidasi katalitik untuk menghasilkan asam metakrilat (MAA), seperti dipatenkan oleh US Patent 3936501 dan US Patent 4147721 ada abad ke-21, riset terfokus pada katalis heterogen ramah lingkungan, seperti zeolit termodifikasi atau heteropoly acids, yang mampu mencapai konversi di atas 90% dengan selektivitas tinggi.

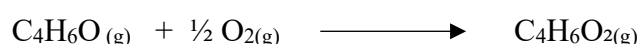
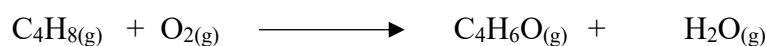
Berdasarkan data dari *Delmarva's News Leader* (WBOC) tahun 2021, pasar global asam metakrilat diproyeksikan mencapai USD 1589,4 juta pada tahun 2026. Berdasarkan dari USD 1241 juta pada tahun 2020 dengan laju pertumbuhan sebesar 4,2% selama 2020-2026. Pada saat ini pihak akademisi dan industri masih terus mengembangkan teknologi dan memodifikasi proses dengan bahan-bahan baru, katalis, dan kondisi operasi yang paling dioptimalkan. Pada saat ini ada empat kelompok penelitian utama untuk proses pembuatan senyawa asam metakrilat berhubungan dengan katalisis dan polimerisasi, sifat material dan komposit, aplikasi dalam film dan kinerja, dan aplikasi nanopartikel dan polimer.

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan

Senyawa asam metakrilat dapat dibuat melalui tiga proses, yaitu proses oksidasi isobutilen, Hidrolisis metil metakrilat, dan reaksi Propionaldehida dan formaldehida.

1.1.1. Proses Oksidasi Isobutilena

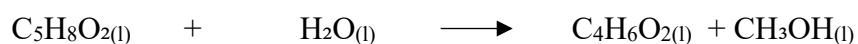
Produksi asam metakrilat dari oksidasi isobutilen umum digunakan untuk produksi dengan selektivitas dan konversi yang tinggi. Berdasarkan US Patent No. 20230124059A1 proses pembuatan asam metakrilat menggunakan metode oksidasi isobutilen yaitu mengikuti persamaan reaksi berikut



Bahan baku berupa isobutilen dan oksigen dikondisikan pada tekanan 1,2 atm dan temperatur 350°C yang kemudian direaksikan didalam reaktor 1 dan menghasilkan metakrolein dan uap air dan selanjutnya dilakukan pegoksidasian metakrolein di dalam reaktor 2, kemudian dilakukan pendinginan cepat dengan quench tower dan pemisahan dalam kolom destilasi sehingga menghasilkan produk berupa asam metakrilat. Gambar 1.1. menjelaskan blok diagram tahapan proses.

1.3.2. Proses Hidrolisis Metil Metakrilat

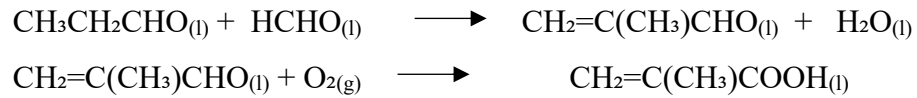
Proses hidrolisis metil metakrilat menggunakan bahan baku metil metakrilat dan air. Berdasarkan WO Patent No. 2022194590A1 proses ini terdiri dari beberapa tahapan reaksi terjadi pada reaktor *fixed bed reactor*. Pemisahan terjadi pada kolom destilasi dan alat separator. Tahapan pertama pada proses ini yaitu pembentukan asam metakrilat dengan reaksi hidrolisis yang menghasilkan asam metakrilat dan metanol. Proses pemisahan asam metakrilat dengan produk samping metanol terjadi pada alat kolom destilasi pertama dan kedua sehingga menghasilkan senyawa asam metakrilat. Reaksi yang terjadi sebagai berikut



1.1.2. Proses Reaksi Propionaldehida dan formaldehida

Berdasarkan WO Patent No. 2023059681A1 proses reaksi kondensasi antara propionaldehida dan formaldehid menghasilkan metakrolein dan air sebagai produk samping yang kemudian metakrolein akan dilakukan oksidasi

lebih lanjut untuk menghasilkan asam metakrilat. Persamaan reaksi di ilustrasikan sebagai berikut.



Bahan baku berupa propinaldehid dan formaldehid yang di kondensasikan di dalam reaktor 1 kemudian menghasilkan metakrolein yang selanjutnya di oksidasi pada reaktor 2, proses purifikasi dilakukan dengan distilasi untuk memurnikan asam metakrilat.

Berdasarkan uraian diatas maka tabel perbandingan masing-masing proses produksi asam metakrilat disajikan pada Tabel 1.1. berikut.

Tabel 1.1. Perbandingan Proses Produksi Etilen

	Oksidasi Isobutilen (US20230124059A1)	Hidrolisis Metil Metakrilat (US2022194590A1)	Reaksi Kondensasi Propionaldehid (WO2023059681A1)
Bahan Baku	Isobutilen dan Oksigen	Metil Metakrilat dan air	Propionaldehid dan Formaldehid
Reaksi	$\text{C}_4\text{H}_{8(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \quad (1)$ $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{2(g)} \quad (2)$	$\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_{2(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{2(l)} + \text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(l)} + \text{H}_2\text{CO} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \quad (1)$ $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_{2(l)} \quad (2)$
Kondisi Operasi	Reaktor 1 : Temperatur : 320 - 420° C Tekanan : 1- 2 atm Reaktor 2 : Temperatur : 260–360°C Tekanan : 1 – 2 atm	Temperatur : 320°C Tekanan : 3 - 5 atm	Reaktor 1 : Temperatur : 80 - 220° C Tekanan : 10 - 120 atm Reaktor 2 : Temperatur : 40 –120°C Tekanan :10 – 150 atm
Konversi	99,6% dan 80%	30%	25 – 75%
Selektivitas	99,99%	-	-
Produk Samping	H ₂ O (air)	Metanol	H ₂ O (air) dan Asetaldehid

1.4. Sifat-Sifat Fisik dan Kimia

Sifat fisik dan kimia bahan baku dan produk yang dihasilkan dari proses pembuatan asam metakrilat dengan proses oksidasi di uraikan sebagai berikut berdasarkan (PubChem, 2024) :

1.1.3. Bahan Baku

a) Isobutilen

Rumus molekul	: C_4H_8
Berat molekul	: 56,11 g/mol
Fase	: Gas
Bentuk fisik	: Gas tidak berwarna
Berat jenis	: 0,599 g/cm ³
Titik didih	: -6,9°C
Titik leleh	: -104,3°C
Suhu Kritis	: 144,7°C
Tekanan Uap	: 260 kPa
ΔH_f (298)	: -1560,4 kJ/mol

b) Oksigen

Rumus molekul	: O_2
Berat molekul	: 32,00 g/mol
Fase	: Gas
Bentuk fisik	: Gas tidak berwarna
Berat jenis	: 1,429 g/cm ³
Titik didih	: -182,95°C
Titik leleh	: -182,96°C
Suhu Kritis	: -118,6°C

c) Air

Rumus molekul	: H_2O
Berat molekul	: 18,015 g/mol
Fase	: Cair
Bentuk fisik	: Cair tidak berwarna
Berat jenis	: 0,997 g/cm ³
Titik didih	: 100°C

Titik leleh	: 0°C
Suhu Kritis	: 374,14°C
Tekanan Uap	: 3,17 kPa
ΔH_f (298)	: -284,83 kJ/mol

1.4.2. Produk

a) Metakrolein

Rumus molekul	: C_4H_6O
Berat molekul	: 70,09 g/mol
Fase	: Cair
Bentuk fisik	: Cair tidak berwarna
Berat jenis	: 0,846 g/cm ³
Titik didih	: 69°C
Titik leleh	: -88,5°C
ΔH_f (298)	: -48,7 kJ/mol

b) Asam Metakrilat

Rumus molekul	: $C_4H_6O_2$
Berat molekul	: 86,09 g/mol
Fase	: Cair
Bentuk fisik	: tidak berwarna
Berat jenis	: 1,015 g/cm ³
Titik didih	: 161°C
Titik leleh	: 14°C
Tekanan Uap	: 0,8 kPa
ΔH_f (298)	: -432,3 kJ/mol

DAFTAR PUSTAKA

- Muktiana, D., dan Pamuji, P. 2018. Prarancangan Pabrik Metil Metakrilat dari Aseton Sianohidrin, Asam Sulfat, Dan Metanol Kapasitas 70.000 Ton/Tahun. Yogyakarta. UII.
- Afifah, M. N., dan Wicaksono, I. A. 2018. Artikel Tinjauan: Pengaruh Monomer Asam Metakrilat terhadap berbagai Template pada Molecularly Imprinted Solid Phase Extraction. Jurnal Farmaka. Vol. 16 No. 2 : 298 – 308.
<https://doi.org/10.24198/jf.v16i2.17543>
- API. 2001. Welded Steel Tanks for Oil Storage Addendum 2.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Data Impor asam metakrilat di Indonesia.
<https://www.bps.go.id/id/exim> . Diakses pada 21 Maret 2025.
- Benyahia, F., dan Mearns, A. M. 1990. Selective oxidation of isobutene over bismuth molybdate catalyst. *Journal of Applied Catalyst*, 66, 383-393
- Bihanudin, Yakub, dan Abidin. 2021. *Manajemen Proyek : Efektif dan Sederhana*. CV. Campustaka : Jakarta Barat
- Brealey, R. A., Myers, S. C., dan Allen, F. 2006. *Principles of Corporate Finance 8 th Edition*. The McGraw Hill, Inc : Newyork.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process equipment design: vessel design*.
- Elzen, A. F. 1973. The Crystal Structure of $\text{Bi}_2(\text{MoO}_4)_3$, 1-21. *Journal of Laboratory of Physical Chemistry*, 2433-2436.
- Felder, R. M., dan Rousseau, R.W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. John Wiley and Sons: New York.
- Fogler, S.H. 2016. *Elements of Chemical Reaction Engineering Fifth Edition*. Michigan : Prentice Hall
- Geankoplis, C.J., Harsel, A.A., dan Lepek, D.H. 1993. *Transport Processes and Separation Process Principles Third Edition*. Pearson Education, inc : Boston
- Geankoplis, C.J., Harsel, A.A., dan Lepek, D.H. 2018. *Transport Processes and Separation Process Principles Fifth Edition*. Pearson Education,inc : Boston

- Google Maps. 2025. *Lokasi Kabupaten Kota Cilegon*. (Diakses pada tanggal 27 April 2025).
- Hayes, A. F. 2022. *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach (3rd edition)*. New York: The Guilford Press.
John Wiley & Sons
- Kapasitas Pabrik Asam Metakrilat. ChemView. 2023. (Online) <https://chemview.epa.gov/chemview/>. (Diakses pada tanggal 25 April 2025).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Kholis, A. N. 2024. Analisis Peran Dewan Komisaris dalam Meningkatkan Tata Kelola Perseroan yang Baik: Perspektif Hukum dan Implementasinya. *Jurnal Ilmu Hukum dan Tata Negara*. Vol. 2 (1) : 210-215.
- Kwalomine, A. L. 2018. Pendidikan, Masa Jabatan Direktur Utama dan Pengungkapan *Corporate Sosial Responsibility* (CSR). *Jurnal Riset Akutansi Terpadu*. Vol. 11 (1) : 72-82.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering third Edition*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Marsidin, S., Bestri, R., Aniska, R., Ikon, M., dan Nellitawati. 2022. Manajemen Personalia Organisasi Mengelola Manusia Sebagai Aset Organisasi Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. Vol. 6 (2): 12862 – 12868.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Mulyanti, D. 2017. Manajemen Keuangan Perusahaan. *Jurnal Ilmiah Akutansi*. Vol. 8 (2) : 62-71.
- Perry. 2007. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Ed*. New York : McGraw Hill Inc
- PubChem. 2024. *National Library of Medicine*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/> . diakses pada tanggal 24 November 2024.

- Pubchem. 2025. 2-butanone. (Online)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-butanone> , (diakses pada 29 April 2025).
- Pubchem. 2025. Methacrylic acid. (Online)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>, (diakses pada 24 April 2025).
- Purnavita, S., Oktaviananda, C., Sutanti, S., Sriyana, H. Y., dan Prihanto, A. 2022. Polymerization of Poly Methyl Methacrylate Using Emulsion Method and H₂O₂ as Initiator. *Journal of Chemical Process and Material Technology*. Vol. 1 : 10 – 17. <https://doi.org/10.36499/jcpmt.v1i2.6642>
- Putri, R.C. 2020. Bentuk Hukum Perusahaan Persekutuan di Indonesia dan Perbandingannya di Malaysia. *Jurnal CEPALO*. Vol. 4 (1):15-28.
- Prihatiningtyas, I. D. S., Heryadi, E., Arimbi, G., dan Hermanto. 2023. Bio-failure or Biofuel? Economic Feasibility of Converting Palm Oil Waste to Biogas. *IOP Conf. Series : Earth and Enviromental Science*. 012034.
- Rohmah, N. F. 2019. Struktur dan Desain Organisasi. *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*. Vol. 3 (1) : 1-13.
- Safitri, A. M. 2022. Analisis Hukum Perseroan Terbatas Perorangan Berdasarkan Pasal 109 Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja Terhadap Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas. *Jurnal Kewarganegaraan*. Vol. 6 (2) : 3353 – 3374.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford.
- Smith, J. M., dan Van Ness, H. C. 2018. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 8th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Treybal, R. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd*. Singapore : McGraw Hill International.
- Ulumudin, A., Muchtar, dan Nurdiaman, M. 2019. *Teori Organisasi dan Teknik Pengorganisasian*. Universitas Garut : Garut.
- Uncomtrade. 2023. Data Ekspor Impor Negara Asia. Diakses pada 25 Maret 2025.
- Undang-undang (UU) No. 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas.

Undang-undang kementrian pekerjaan Umum (KEMENPU) Tahun 2000 tentang Pemadam Kebakaran.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan Pasal 108.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan Pasal 77-85.

Wells. 1991. *Handbook of Petrochemicals and Processes*. New York : Routledge Revivals.

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