

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
KAPASITAS 35.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Syarat Mengikuti Ujian Sarjana
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

Muhammad Hanif Khalil	03031282126075
Nissa Syifa Anwar Djanan	03031382126112

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS
35.000 TON / TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Muhammad Hanif Khalil

NIM. 03031282126075

Nissa Syifa Anwar Djanan

NIM. 03031382126112

Indralaya, 07 Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T., MT., IPM.

NIP. 197808222002122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium sulfat Kapasitas 35.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Muhammad Hanif Khalil dan Nissa Syifa Anwar Djanan dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 23 Juni 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Prof. Ir. Novia, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197311052000032003

()
03 07 2025

2. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.
NIP. 197706052003121004

()

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

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

Indralaya, 07 Juli 2025
Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T., MT., IPM.
NIP. 197808222002122001



HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

MUHAMMAD HANIF KHALIL

03031282126075

NISSA SYIFA ANWAR DJANAN

03031382126112

Judul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
KAPASITAS 35.000 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. Prof. Ir. Novia, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197311052000032003

()
03/07/2025

2. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.

NIP. 197706052003121004

()

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

NIP. 198412182008122002

()

Indralaya, 07 Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T., MT., IPM.

NIP. 197808222002122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Hanif Khalil
NIM : 03031282126075
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium sulfat
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Nissa Syifa Anwar Djanan 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 sistem yang berlaku.

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

Indralaya, 07 Juli 2025


Muhammad Hanif Khalil

03031282126075



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nissa Syifa Anwar Djanan
NIM : 03031382126112
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium sulfat
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Muhammad Hanif Khalil 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 sistem yang berlaku.

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

Indralaya, 07 Juli 2025



Nissa Syifa Anwar Djanan

03031382126112



RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juni 2025

Muhammad Hanif Khalil dan Nissa Syifa Anwar Djanan

Dibimbing oleh Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T., MT., IPM.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Kalium sulfat dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri pada tahun 2035 di Cilangkap, Kecamatan Babakancikao, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat dengan luas 5 ha. Kalium sulfat pada pabrik ini disintesis dari bahan baku etilen oksida dan air tanpa katalis dalam *continuous stirred tank reactor* berdasarkan Patent US 2024/0270588 A1. Reaksi berlangsung pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff* yang dipimpin oleh seorang direktur dengan karyawan sebanyak 159 orang. Pabrik Kalium sulfat layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

❖ <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= US\$ 37.477.768,21
❖ Total Penjualan	= US\$ 63.638.009,63
❖ <i>Total Production Cost (TPC)</i>	= US\$ 50.369.769,10
❖ <i>Annual Cash Flow (ACF)</i>	= US\$ 12.331.189,54
❖ <i>Pay Out Time</i>	= 2,94 tahun
❖ <i>Rate of Return On Investment (ROR)</i>	= 30%
❖ <i>Discounted Cash Flow – ROR</i>	= 17%
❖ <i>Break Even Point (BEP)</i>	= 32,33%
❖ <i>Service Life</i>	= 11 tahun

Kata Kunci: Kalium sulfat, *Continous Stirred Tank Reactor*, Perseroan Terbatas

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* berkat limpahan rahmat, nikmat, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium sulfat Kapasitas 35.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini diselesaikan dengan dukungan dari berbagai pihak. Diucapkan terima kasih yang setulusnya 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 Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 4) Ibu Dr. Budi Santoso, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya.
- 5) Bapak/Ibu dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Sahabat dan kakak tingkat yang telah memberi semangat. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Indralaya, Juli 2025

Tim Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PEMBAHASAN UMUM.....	1
1.1. Pendahuluan.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik	3
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	3
1.5. Proses Pembuatan Kalium sulfat	5
1.6. Perbandingan Pupuk Kalium Sulfat dengan Pupuk Lain	9
BAB II PERENCANAAN PABRIK.....	11
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	11
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi	11
2.3. Pemilihan Bahan Baku	14
2.4. Pemilihan Proses.....	16
2.5. Uraian Proses.....	16
2.6. Identifikasi Potensi Pasar Pupuk Cair Non-Komersil	20
BAB III LOKASI DAN LETAK PERALATAN PABRIK	24
3.1. Lokasi Pabrik.....	24
3.2. Tata Letak Pabrik.....	27

3.3. Kebutuhan Luas Area Pabrik.....	28
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	30
4.1. Neraca Massa.....	30
4.2. Neraca Panas	34
BAB V UTILITAS	39
5.1. Unit Pengadaan <i>Steam</i>	39
5.2. Unit Pengadaan Air	40
5.3. Unit Pengadaan <i>Brine Water</i>	43
5.4. Unit Pengadaan Listrik	44
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar	47
BAB IV SPESIFIKASI PERALATAN	49
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	84
7.1. Bentuk Perusahaan.....	84
7.2. Struktur Organisasi	85
7.3. Tugas dan Wewenang.....	86
7.4. Sistem Kerja	89
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan.....	90
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. <i>Break Even Point</i> (BEP)	102
BAB IX KESIMPULAN.....	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN.....	109

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Utama.....	3
Tabel 1.2. Sifat Fisika dan Kimia Produk Utama.....	4
Tabel 1.3. Sifat Fisika dan Kimia Produk Samping	4
Tabel 1.4. Perbandingan Proses Produksi Kalium sulfat	8
Tabel 1.5. Perbandingan Pupuk Kalium Sulfat dengan Pupuk Lain	10
Tabel 2.1. Impor Kalium sulfat di Indonesia.....	12
Tabel 2.2. Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-rata.....	12
Tabel 2.3. Prediksi Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-rata	13
Tabel 3.1. Detail Luas Daerah Pabrik	28
Tabel 5.1. Kebutuhan Utilitas.....	39
Tabel 5.2. Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 200°C	39
Tabel 5.3. Total Kebutuhan <i>Steam</i>	40
Tabel 5.4. Kebutuhan Air Proses.....	41
Tabel 5.5. Kebutuhan <i>Warm Water</i>	42
Tabel 5.6. Kebutuhan Air Domestik	43
Tabel 5.7. Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	43
Tabel 5.8. Kebutuhan <i>Brine Water</i>	44
Tabel 5.9. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	44
Tabel 5.10. Kebutuhan Listrik Pabrik Kalium sulfat	47
Tabel 5.11. Total Kebutuhan Bahan Bakar	48
Tabel 7.1. Tugas dan Wewenang Setiap Jabatan	86
Tabel 7.2. Pembagian Waktu Kerja Pekerja <i>Staff</i>	90
Tabel 7.3. Perincian Jumlah Karyawan.....	92
Tabel 8.1. Tabel Penjualan Produk	96
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal.....	98
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pabrik Kalium Sulfat	19
Gambar 3.1. Lokasi Rencana Pendirian Pabrik Kalium Sulfat	25
Gambar 3.2. Peta Distribusi Bahan Baku	25
Gambar 3.3. Peta Persebaran Target Pasar	26
Gambar 3.2. Tata Letak Bangunan Pabrik	29
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan Pabrik	29
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	94
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP)	102

DAFTAR NOTASI

1. Mixing Tank

C	: <i>Corrosion allowance</i> (in)
D_i	: Diameter pengaduk (ft)
D_e	: Diameter ekuivalen jaket (ft)
$d_i = L$	: Diameter silinder (in, m)
E	: Efisiensi sambungan (%)
F	: Faktor desain (%)
F_v	: Laju alir volume (m^3/jam)
H_j	: Tinggi jaket (m, ft)
H_{Ls}	: Tinggi cairan dalam silinder (in, m)
H_r	: Tinggi silinder (in, m)
h_i	: Koefisien transfer panas dari dalam tangki ($Btu/jam.ft^2.F$)
h_{io}	: Koefisien transfer panas dari diameter luar tangki ($Btu/jam.ft^2.F$)
h_o	: Koefisien transfer panas dari jaket ($Btu/jam.ft^2.F$)
icr	: <i>Inside corner radius</i> (in)
j_H	: Faktor koreksi
N	: Kecepatan putaran pengaduk (rpm)
OD	: Diameter luar silinder (in, m)
OD_{head}	: Diameter luar <i>head</i> (in, m)
P	: Daya (Hp)
P_{desain}	: Tekanan desain (atm, psi)
$P_{operasi}$	: Tekanan operasi (atm, psi)
$P_{hidrostatik}$	: Tekanan hidrostatik (atm, psi)
Q_p	: Kebutuhan panas atau pendingin (kJ/jam)
$r = R$	: Jari-jari silinder (in, m)
r_j	: Jari-jari jaket (in, m)
S	: <i>Maximum allowable stress</i> (ksi, psi)
t_h	: Tebal <i>head</i> (in)
t_s	: Tebal silinder (in)

t_j	: Tebal jaket (in, m)
U_c	: <i>Clean overall coefficient</i> (Btu/jam ft ² .F)
U_d	: <i>Design overall coefficient</i> (Btu/jam ft ² .F)
V_{cairan}	: Tinggi cairan dalam tangki (in ³ , m ³)
V_{head}	: Volume head (in ³ , m ³)
V_{Ls}	: Volume cairan dalam silinder (in ³ , m ³)
WELH	: <i>Water equivalent liquid height</i> (ft)

2. Reaktor

C	: <i>Corrosion allowance</i> (in)
D_i	: Diameter pengaduk (ft)
D_e	: Diamter ekuivalen jaket (ft)
$d_i = L$	: Diameter silinder (in, m)
E	: Efisiensi sambungan (%)
F	: Faktor desain (%)
ΔG_0	: Energi gibbs (J/mol)
F_v	: Laju alir volume (m ³ /jam)
H_j	: Tinggi jaket (m, ft)
H_{Ls}	: Tinggi cairan dalam silinder (in, m)
H_r	: Tinggi silinder (in, m)
h_i	: Koefisien transfer panas dari dalam reaktor (Btu/jam.ft ² .F)
h_{io}	: Koefisien transfer panas dari diameter luar reaktor (Btu/jam ft ² .F)
h_o	: Koefisien transfer panas dari jaket (Btu/jam.ft ² .F)
ΔH_0	: Entalpi pembentukan (J/mol)
icr	: <i>Inside corner radius</i> (in)
j_H	: Faktor koreksi
K	: Konstanta kesetimbangan reaksi
N	: Kecepatan putaran pengaduk (rpm)
OD	: Diameter luar silinder (in, m)
OD_{head}	: Diameter luar <i>head</i> (in, m)
P	: Daya (Hp)
P_{desain}	: Tekanan desain (atm, psi)

P_{operasi}	: Tekanan operasi (atm, psi)
$P_{\text{hidrostatik}}$	: Tekanan hidrostatik (atm, psi)
Q_p	: Kebutuhan panas atau pendingin (kJ/jam)
$r = R$	: Jari-jari silinder (in, m)
r_j	: Jari-jari jaket (in, m)
S	: <i>Maximum allowable stress</i> (ksi, psi)
t_h	: Tebal <i>head</i> (in)
t_s	: Tebal silinder (in)
t_j	: Tebal jaket (in, m)
τ	: Waktu tinggal (jam)
U_c	: <i>Clean overall coefficient</i> (Btu/jam ft ² .F)
U_d	: <i>Design overall coefficient</i> (Btu/jam ft ² .F)
V_{cairan}	: Tinggi cairan dalam reaktor (in ³ , m ³)
V_{head}	: Volume head (in ³ , m ³)
V_{Ls}	: Volume cairan dalam silinder (in ³ , m ³)
WELH	: <i>Water equivalent liquid height</i> (ft)

3. *Centrifuge Separator*

A_p	: Luas penampang cincin <i>bowl</i> (in ² , ft ²)
B_s	: Berat solid dalam <i>bowl</i> (lb)
D_b	: Diameter <i>bowl</i> (in, ft)
D_i	: Diamter dalam <i>cake</i> (in)
K_p	: Kecepatan putar (rpm)
Kl_b	: Keliling <i>bowl</i> (ft)
P_b	: Panjang <i>bowl</i> (ft, in)
P_b	: Tekanan dalam <i>bowl</i> (psi)
S_b	: Tekanan akibat berat <i>bowl</i> (psi)
S_p	: Tekanan akibat padatan dalam <i>bowl</i> (psi)
S_t	: Tekanan total (psi)
T_b	: Tebal <i>bowl</i>
V_b	: Volume padatan pada <i>bowl</i> (ft ³ /jam)

4. *Crystallizer*

A	: <i>Flowrate area per pipa</i> (in^2, m^2)
A_d	: Luas yang tersedia (m^2)
A_k	: Luas tertutup jaket (m^2)
C	: Kapasitas (ft^3/menit)
c	: <i>Corrosion allowance</i> (in)
D_{AB}^o	: Difusivitas A dalam pelarut B (m^2/s)
D_{opt}	: Diameter optimal pipa (in)
D_p	: Diameter pengaduk (in, m)
E	: <i>Joint efficiency</i>
f	: <i>Maximum allowable stress</i> (psi)
G	: Menghitung laju pertumbuhan kristal (m/s)
H	: Tinggi (in, m)
h_i	: Koefisien transfer panas dari dalam <i>crystallizer</i> ($\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.\text{F}$)
h_{io}	: Koefisien transfer panas dari luar <i>crystallizer</i> ($\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.\text{F}$)
h_o	: Koefisien transfer panas dari jaket ($\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.\text{F}$)
ID	: <i>Inside diameter</i> pipa (in, m)
j	: Faktor koreksi
K_g	: Koefisien pertumbuhan kristal secara keseluruhan (m/s)
K_s	: Koefisien pertumbuhan pada permukaan kristal ($1/\text{m}^3$)
L	: Diameter (in, m)
M_B	: Berat molekul pelarut (kg/mol)
N	: Kecepatan pengadukan (rpm, rph)
OD	: <i>Outside diameter</i> pipa (in, m)
ϕ	: Faktor asosiasi untuk pelarut
ρ_f	: Densitas fluida (lb/ft^3)
Q_f	: Debit fluida (ft^3/s)
r_j	: Jari-jari jaket (in)
t_j	: Tebal jaket (in)
t_w	: Tebal dinding (in)
τ	: Waktu tinggal (jam)
V_p	: Volume perancangan (m^3)

v_A : Volume molal zat terlarut (m^3/kmol)

Z : Panjang (ft, m)

5. *Rotary Dryer*

C : Faktor korosi

D : Diameter *dryer*

E : Efisiensi pengelasan

F : *Maximum allowable stress* (psi)

L : Jumlah bahan (kg/jam, lb/jam)

L_s : Jumlah bahan kering (kg/jam, lb/jam)

λ : Panas laten penguapan (Btu/lb)

m_e : Kecepatan pengeringan (lb air/jam)

N : Kecepatan putar (rpm)

NTU : *Number of transfer unit*

n : Kecepatan keliling (ft/menit)

R_i : Jari-jari dalam (in)

T_w : Temperatur *wet bulb* (F)

t : Tebal *sheet* (in, ft)

U_a : Kecepatan volumetrik transfer panas (Btu/jam.ft².F)

V_u : Kecepatan aliran udara ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

6. *Silo*

C' : Konstanta (0,585)

D : Diameter *shell* (ft)

d : Diameter ujung *cone* (ft)

d_p : Diameter partikel (m)

H : Tinggi *shell* (ft)

H_t : Tinggi total (m)

h : Tinggi *cone* (ft)

M : Laju alir massa (kg/s)

ρ_{bf} : Densitas (kg/m^3)

t : Waktu tinggal (jam)

θ : Sudut *cone*

V	: Volume total (m^3)
V_c	: Volume <i>cone</i> (m^3)
V_u	: Volume umpan (m^3/jam)
V_t	: Volume silo (m^3)

7. *Bucket Elevator*

m	: Laju alir desain (ton/jam)
Z	: Tinggi elevator (ft, m)

8. **Pompa**

a_t	: Luas area ($ft^2 \cdot m^2$)
BHP_{aktual}	: <i>Brake horsepower</i> aktual (Hp)
$BHP_{teoritis}$	: <i>Brake horsepower</i> teoritis (Hp)
$D_{i,opt}$	: Diameter dalam pipa optimum (in)
ϵ	: Kekasaran permukaan pipa (mm, m)
F	: Faktor desain (%)
F_1	: <i>Pressure drop</i> akibat pipa lurus (N/m^2)
F_2	: <i>Pressure drop</i> akibat <i>fitting</i> dan <i>valves</i> (N/m^2)
f	: Faktor friksi
ID	: <i>Inside diameter</i> pipa (in, m)
q_f	: Laju alir fluida (ft^3/s)
K	: Jumlah <i>velocity head</i>
L_e	: Panjang ekuivalen (m)
NPS	: <i>Nominal Pipe Size</i> (in)
$NPSH$	: <i>Net positive suction head</i>
η_{motor}	: Efisiensi motor (%)
η_{pompa}	: Efisiensi pompa (%)
OD	: <i>Outside diameter</i> pipa (in, m)
$P_{drop,suction}$	: <i>Pressure drop</i> bagian <i>suction</i> (N/m^2)
P_{vapor}	: Tekanan uap (N/m^2)
ΔP_f	: <i>Pressure drop</i> total (N/m^2)
Q_f	: Kapasitas desain (gall/menit)
v	: Kecepatan linear (m/s)

W : Daya pompa (J/kg)

9. *Screw Conveyor*

F : Faktor keamanan (%)

m : Laju alir massa (kg/jam)

10. *Belt Conveyor*

F : Faktor keamanan (%)

m : Laju alir massa (kg/jam)

11. *Hopper*

C : *Corrosion factor*

D : Diameter *hopper* (ft)

d : Diameter ujung *hopper* (ft)

d_{eff} : Diameter efektif ujung *hopper* (ft)

E : *Welded joint efficiency*

F : Faktor desain (%)

F_v : Laju alir volume (L/jam)

f : *Maximum allowable stress* (psi)

H : Tinggi *hopper* (ft)

m : Laju alir massa (kg/jam)

P : Tekanan desain (psi)

t_h : Tebal *hopper* (in, m)

τ : Waktu tinggal (jam)

θ : Sudut *hopper*

V : Volume desain *hopper* (m^3 , in^3 , ft^3)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I.	Perhitungan Neraca Massa.....	109
LAMPIRAN II.	Perhitungan Neraca Panas	124
LAMPIRAN III.	Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	150
LAMPIRAN IV.	Perhitungan Ekonomi.....	291
LAMPIRAN V.	Tugas Khusus	311

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Saat ini, permintaan bahan kimia di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Namun, kenaikan kebutuhan tersebut belum diimbangi dengan kapasitas produksi dalam negeri yang memadai. Akibatnya, Indonesia masih bergantung pada impor dari negara-negara maju untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia nasional. Jika kondisi ini terus berlanjut tanpa penanganan yang tepat, nilai impor diperkirakan akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu solusi yang dapat ditempuh adalah pembangunan pabrik kimia dalam negeri. Salah satu sektor industri kimia yang hingga kini belum mampu memenuhi kebutuhan nasional adalah industri penghasil kalium sulfat (K_2SO_4).

Kalium sulfat (K_2SO_4) adalah bahan kimia penting yang digunakan secara luas dalam industri pertanian sebagai pupuk, serta dalam berbagai aplikasi industri lainnya. Kalium sulfat merupakan pupuk jenis makro dengan kadar 52% K_2O dan 18% sulfur. Kalium sulfat memiliki karakteristik larut dalam air dan menyediakan kalium dan sulfur yang esensial bagi tanaman. Pupuk kalium sulfat sangat diperlukan tanah untuk membantu menyuburkan tanaman, karena mengandung unsur kalium (K) yang dapat merangsang pertumbuhan akar serta mencegah bunga dan buah agar tidak mudah gugur. Jenis pupuk ini baik digunakan pada tanaman yang tidak tahan terhadap konsentrasi ion klorida yang tinggi. Seiring meningkatnya usaha pertanian membuat permintaan global terhadap pupuk ini terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang, di mana kebutuhan akan pupuk berkualitas tinggi semakin mendesak untuk meningkatkan produktivitas pertanian (Nugroho, 2015). Kalium berperan penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman, termasuk sintesis protein, pengaturan keseimbangan air, dan peningkatan ketahanan terhadap hama dan penyakit (Suci, 2023).

Jalur produksi utama untuk kalium sulfat mencakup metode berbasis natrium sulfat dan kalium klorida. Proses ini melibatkan reaksi antara natrium sulfat (Na_2SO_4) dan kalium klorida (KCl) untuk menghasilkan kalium sulfat dan natrium

klorida (NaCl) sebagai produk sampingan. Proses ini dapat dilakukan pada suhu dan tekanan yang terkendali untuk memastikan hasil produksi yang optimal.

Permintaan pupuk kalium domestik mempengaruhi penjualan kalium sulfat di Indonesia, di mana sebagian besar kebutuhan kalium sulfat dipenuhi melalui impor. Volume impor kalium sulfat di Indonesia pada tahun 2022 tercatat sebesar 3.152,819 ton dan mengalami peningkatan menjadi 8.176,601 ton pada tahun 2024. (BPS, 2025). Mengacu pada data dari The Observatory of Economic Complexity (OEC), pada tahun 2022 Indonesia mengimpor kalium sulfat senilai US\$4,09 juta (OEC, 2024). Hal ini menjadikan Indonesia termasuk 10 besar sebagai negara pengimpor kalium sulfat terbesar di Asia.

Kapasitas produksi pupuk kalium sulfat di Indonesia masih sedikit, sedangkan kebutuhannya semakin meningkat, untuk itu perlu adanya penambahan kapasitas produksi. Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat peluang signifikan untuk mendirikan pabrik kalium sulfat baru dengan tujuan memenuhi kebutuhan domestik serta mengurangi ketergantungan pada impor kalium sulfat di Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses Produksi Kalium Sulfat

Kalium sulfat (K_2SO_4), yang sering digunakan sebagai komponen pupuk, adalah garam berbentuk kristal putih yang larut dalam air dan tidak mudah terbakar. Senyawa ini telah dikenal sejak abad ke-14 dan dipelajari oleh para ilmuwan seperti Glauber, Boyle, dan Tachenius. Pada abad ke-17, ahli kimia farmasi Christopher Glaser meneliti, membuat, serta menggunakannya untuk keperluan medis, sehingga zat ini dikenal dengan nama *arcanuni* atau *sal polychrestum glaseri*.

Di Amerika Serikat, kalium sulfat pertama kali diproduksi secara tradisional menggunakan proses Mannheim, yang umum digunakan di negara-negara penghasil KCl dengan sumber garam alami. Kalium sulfat juga dapat dibuat melalui reaksi antara kalium klorida dan asam sulfat dalam proses *Leblanc*. Metode lain adalah proses *Hargreaves*, yang melibatkan reaksi kalium klorida dengan sulfur oksida, oksigen, dan air untuk menghasilkan kalium sulfat, sementara asam hidroklorida menguap. Sulfur oksida sendiri diperoleh melalui pembakaran belerang.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

Pendirian pabrik kalium sulfat di Indonesia bertujuan untuk mendukung pertumbuhan industri kimia dalam negeri serta memperluas diversifikasi produk dan nilai tambah dalam sektor manufaktur nasional. Produksi lokal kalium sulfat akan mengurangi ketergantungan Indonesia pada impor bahan kimia tersebut. Selain itu, keberadaan pabrik ini akan menciptakan lapangan kerja baru, mendorong transfer teknologi, serta meningkatkan kontribusi ekonomi dan pertumbuhan ekonomi lokal.

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika dan kimia senyawa dalam proses pembuatan kalium sulfat:

1.4.1. Bahan Baku

Tabel 1.1. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Utama

Parameter	Kalium Klorida	Natrium Sulfat	Air
Rumus molekul	KCl	Na ₂ SO ₄	H ₂ O
Berat molekul, g/mol	74,55	142,04	18,015
Bentuk fisik	Padat	Padat kristal	Cair
Warna	Putih	Putih	Tidak Berwarna
Densitas, g/cm ³	1,987	2,664	0,995
Titik didih, °C	1413	1429	99,974
Titik lebur, °C	770	884	0
Kelarutan dalam air, g/L	355 (25 °C)	427 (100 °C)	-
Kelarutan	Larut di gliserol, senyawa alkali, sedikit larut dalam alkohol, tidak larut dalam eter	Larut dalam gliserol, tidak larut dalam etanol	Larut di etanol, metanol, dan aseton
Bahaya	Iritasi, bahaya tertelan	Iritasi	-

(Sumber: *Coulson & Richardson, 2005; Pubchem, 2024*)

1.4.3. Produk

Tabel 1.2. Sifat Fisika dan Kimia Produk Utama

Parameter	Kalium Sulfat
Rumus molekul	K_2SO_4
Berat molekul, g/mol	174,259
Bentuk fisik	Padat
Warna	Putih
Densitas, g/cm ³	2,66
Titik didih, °C	1689
Titik lebur, °C	1069
Kelarutan dalam air, g/L	120 (25 °C)
Kelarutan	Sedkit larut dalam gliserol, tidak larut dalam aseton, alcohol, CS ₂
Bahaya	Iritasi, bahaya tertelan

(Sumber: *Coulson & Richardson, 2005; Pubchem, 2024*)**Tabel 1.3.** Sifat Fisika dan Kimia Produk Samping

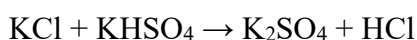
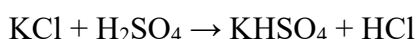
Parameter	Natrium Klorida
Rumus molekul	NaCl
Berat molekul, g/mol	58,44
Bentuk fisik	Padat
Warna	Putih
Densitas, g/cm ³	2,16
Titik didih, °C	1465
Titik lebur, °C	801
Kelarutan dalam air, g/L	357
Kelarutan	Larut dalam air, sedikit dalam alkohol
Bahaya	Iritasi

(Sumber: *Coulson & Richardson, 2005; Pubchem, 2024*)

1.5. Proses Pembuatan Kalium Sulfat

1.5.1. Proses *Mannheim*

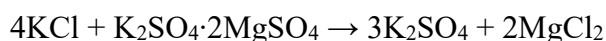
Proses ini menggunakan *furnace Mannheim*, sebuah bejana silindris dengan dua ruang bakar, yaitu *combustion chamber* dan *reaction chamber*. Dalam proses ini, kalium sulfat dihasilkan melalui pencampuran langsung antara KCl dan H₂SO₄. *Furnace Mannheim* beroperasi pada suhu 800 °C. Ciri khas proses ini meliputi suhu operasi yang tinggi, berbagai masalah terkait material (seperti korosi), serta terbentuknya produk sampingan berupa HCl. Reaksi yang terjadi adalah:



Reaksi tahap pertama bersifat eksotermis dan berlangsung pada suhu rendah, sedangkan tahap kedua bersifat endotermis dan terjadi pada suhu 550–600 °C. Produk kalium sulfat yang dihasilkan kemudian didinginkan menggunakan *cooling drum*. Sisa H₂SO₄ dinetralkan dengan menambahkan Ca(OH)₂ dan CaCO₃. Sementara itu, HCl sebagai produk sampingan didinginkan menggunakan *graphite heat exchanger* dan selanjutnya diserap melalui proses absorpsi dua tahap menggunakan air (Mubarak, 2018).

1.5.2. Pemurnian Sumber Sulfat Alami seperti *Langbeinite* dan *Kainite*

Proses pemurnian ini didasarkan pada reaksi kristalisasi dan pertukaran ion. Pemurnian *langbeinite* dapat dilakukan dengan menggunakan *Muriate of Potash* (MOP) atau KCl, yang dicampurkan dengan *langbeinite*.

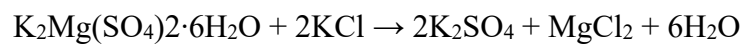
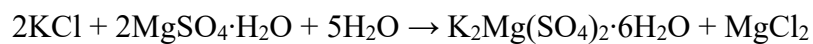


Bijih *langbeinite* dipisahkan dari KCl dan NaCl melalui pencucian selektif, pengapungan, dan penambahan agen pemisah. Setelah itu, bijih dihaluskan menggunakan ball mill dan dicampur dengan larutan MOP yang telah dilarutkan dan dijernihkan sebelumnya dalam unit terpisah. Produk kalium sulfat yang dihasilkan berupa larutan garam dan kristal. Kristal dapat dipisahkan melalui filtrasi atau sentrifugasi, kemudian dikeringkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran produk yang sesuai. Garam yang terbentuk dapat melalui proses evaporasi, kristalisasi, dan filtrasi. Campuran garam yang dihasilkan dapat dikembalikan ke reaktor, sementara filtratnya dibuang sebagai limbah.

Proses pemurnian *kainite* serupa dengan pemrosesan *langbeinite*. Bijih *kainite* dihaluskan bersama garam *recycle* menggunakan *ball mill* dan *hydroclassifier*. *Overflow* diarahkan ke *thickener* dan filter utama, sedangkan *underflow* diproses lebih lanjut melalui flotasi dan filtrasi. *Cake* dari filter utama diumpukan ke reaktor *schoenite* dan *cyclone*. Setelah dua tahap pemisahan, *schoenite* diarahkan ke reaktor *leaching*, dan kalium sulfat yang dihasilkan dipisahkan menggunakan *thickener*, kemudian disentrifugasi dan dikeringkan. *Overflow* dari *thickener* di-*recycle*. Spesifikasi produk akhir cukup baik, dengan kandungan K₂O minimal 50% dan kadar klorin kurang dari 1% (Pratiwi dan Dewi, 2015).

1.5.4. Proses Produksi Kalium Sulfat melalui Dekomposisi KCl dan MgSO₄

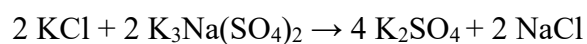
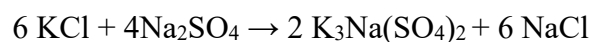
Proses produksi kalium sulfat melalui dekomposisi KCl dan MgSO₄ melibatkan dua tahap konversi. Pada tahap pertama, magnesium sulfat bereaksi dengan KCl untuk membentuk *schoenite* (K₂Mg(SO₄)₂·6H₂O), yang kemudian dikonversi menjadi produk akhir berupa kalium sulfat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



(US Patent 4,533,536, 1985).

1.5.5. Proses Produksi Kalium Sulfat melalui Dekomposisi KCl dan Na₂SO₄

Proses produksi kalium sulfat ini menggunakan Natrium sulfat, kalium klorida, dan air (jika diperlukan) yang dicampurkan dicampurkan. Pencampuran dapat dilakukan dalam urutan yang fleksibel, baik secara simultan maupun berurutan, untuk memastikan semua komponen berinteraksi dengan baik. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Campuran yang dihasilkan dibiarkan bereaksi. Reaksi ini menghasilkan kalium sulfat (K₂SO₄) dan natrium klorida (NaCl) sebagai produk sampingan. Proses ini dapat berlangsung pada suhu kamar atau sedikit di atasnya, sehingga

tidak memerlukan energi yang tinggi. Setelah reaksi, larutan yang dihasilkan akan mengandung K_2SO_4 dan $NaCl$. $NaCl$ dapat diendapkan dengan cara menghilangkan air melalui proses penguapan. Air yang dihilangkan dapat didaur ulang ke dalam proses untuk mengurangi limbah. K_2SO_4 yang terbentuk dalam fase padat dipisahkan dari larutan. Proses ini dapat melibatkan penyaringan atau metode pemisahan lainnya untuk mendapatkan produk akhir yang diinginkan. Cairan yang tersisa setelah pemisahan K_2SO_4 dapat didaur ulang kembali.

Tabel 1.4. Perbandingan Proses Produksi Kalium Sulfat

Proses Produksi	Bahan Baku	Temperatur Operasi	Parameter	
			Konversi	Kelebihan
Proses <i>Mannheim</i>	KCl, H ₂ SO ₄	550 – 800 °C	93,01%	Bahan baku asam sulfat banyak tersedia, menghasilkan HCl yang dapat dimanfaatkan
Pemurnian <i>Langbeinite</i> dan <i>Kainite</i>	<i>Langbeinite/Kainite</i> , KCl	600 °C	Belum ada informasi spesifik	Ramah lingkungan
Dekomposisi KCl dan MgSO ₄	KCl, MgSO ₄	600 – 800 °C	31%	Pengurangan limbah yang dihasilkan, menghasilkan MgCl ₂
Dekomposisi KCl dan Na ₂ SO ₄	KCl, Na ₂ SO ₄ , air (jika diperlukan)	30 °C	98 – 99%	Tidak memerlukan energi tinggi dan efisiensi biaya tinggi, produk sampingan NaCl dapat didaur ulang

1.6. Perbandingan Pupuk Kalium Sulfat dengan Pupuk Lain

Pupuk Kalium Sulfat (K_2SO_4), atau dikenal juga sebagai *sulfate of potash* (SOP), merupakan salah satu jenis pupuk kalium premium yang menawarkan manfaat ganda: menyediakan unsur kalium (K) sekaligus sulfur (S), tanpa menambah klorida (Cl^-) ke dalam tanah. Kalium sendiri sangat penting bagi proses fotosintesis, pembentukan protein, pengaturan tekanan osmotik, ketahanan tanaman terhadap stres, serta kualitas dan hasil panen. Adanya kandungan sulfur pada kalium sulfat juga mendukung sintesis enzim dan asam amino, menjaga struktur protein, serta meningkatkan kualitas aroma dan ukuran umbi atau buah. Berbeda dengan pupuk berbasis kalium klorida (KCl), Kalium sulfat tidak menyebabkan akumulasi klorida yang dapat merugikan tanaman sensitif seperti kentang, tembakau, buah-buahan, dan sayuran, serta membantu menghindari peningkatan salinitas tanah. Dengan kombinasi nutrisi yang seimbang dan risiko negatif minimal, Kalium sulfat menjadi pilihan optimal dalam strategi pemupukan modern yang berprioritas pada keberlanjutan dan produktivitas tanaman bernilai tinggi. Perbandingan keunggulan kalium sulfat terhadap pupuk lain seperti KCl, magnesium sulfat, dan NPK dapat dilihat secara lebih lengkap pada Tabel 1.5.

Berdasarkan Tabel 1.5, kalium sulfat benar-benar unggul dibandingkan pupuk lain jika dilihat dari berbagai aspek. Pertama, kalium sulfat menyediakan potasium dan sulfur sekaligus—kandungan K_2O ~52% dan S sekitar 18% yang mampu meningkatkan sintesis protein, kualitas buah, dan daya tahan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan dan penyakit. Kedua, kalium sulfat bebas klorida, sehingga sangat ideal untuk tanaman sensitif klorida seperti kentang, buah-buahan, dan sayuran; penggunaan klorida tinggi (seperti pada KCl) bisa menyebabkan penurunan kadar pati, vitamin, dan kualitas rasa. Ketiga, kalium sulfat memiliki indeks garam yang lebih rendah, sekitar sepertiga dari KCl yang berarti dapat mengurangi risiko salinisasi tanah dan memperbaiki struktur tanah. Sedangkan pupuk lain seperti magnesium sulfat atau NPK memang menyuplai nutrisi penting, namun tidak menawarkan kombinasi bebas klorida dan tambahan sulfur dalam satu produk seperti kalium sulfat. Meski harganya sedikit lebih tinggi, keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan kalium sulfat pilihan premium yang seimbang—mendukung hasil panen berkualitas, menjaga kesehatan tanah, dan melindungi tanaman sensitif klorida—lebih unggul dibanding alternatif lainnya.

Tabel. 1.5. Perbandingan pupuk kalium sulfat dengan pupuk lain

Kriteria	Kalium Sulfat	Kalium Sulfat (Eksisting)	Kalium Klorida	NPK	Magnesium Sulfat
Bentuk	Granular	Powder	Kristal	Granular	Kristal
Kandungan Kalium	52%	50%	60 – 62%	15 – 21%	-
Kandungan S	18%	18%	-	-	21%
Kandungan Cl	-	-	Tinggi	-	-
Solubilitas dan Pengaruh Garam	Larut sedang (~110 g/L), indeks garam rendah	Larut cepat dalam air	Sangat larut, indeks garam tinggi	Bervariasi tergantung formula	Sangat larut, pH netral
Kelebihan	- Risiko salinasi rendah - Pelepasan nutrisi lebih stabil - Mudah diaplikasikan terutama di area luas - Tidak mudah menggumpal	- Cepat larut dalam air - Cocok untuk penyemprotan	- Lebih murah - Kadar K tinggi	- Memenuhi kebutuhan N, P, dan K sekaligus - Mudah diserap tanaman	- Memberi Mg dan S - Meningkatkan klorofil - Mudah larut dalam air
Kekurangan	- Membutuhkan waktu untuk larut	- Lebih mudah hilang karena angin atau tercuci - Penyimpanan memerlukan perhatian ekstra agar tidak menggumpal	- Potensi keracunan klorida - Klorida mudah tercuci	- Pencucian unsur hara - Potensi degradasi tanah - Risiko pencemaran lingkungan	- Potensi kelebihan magnesium - Efek samping pada manusia

DAFTAR PUSTAKA

- ASME Section VIII. 2019. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1, Two Park Avenue. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2025. *Data Ekspor-Impor Etilen Glikol*. <https://pangkepkab.beta.bps.go.id/id/exim>. Diakses pada 6 Januari 2025.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-6197-2000. *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badger, W.L. and Banchero, J.T. 1955 *Introduction to chemical engineering*. Tokyo: McGraw-Hill.
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design: Vessel Design*. John Wiley & Sons: New York.
- Chan, C. C., Yamada, E., Billig, B. J., dan McGovern, S. 2019. *Process for preparing ethylene glycol*. WO 2019213029A1.
- Chuncong, M., et al. 2023. *Preparation method of ethylene glycol*. CN115636722A.
- Coulson, J. M., dan Richardson, J. F. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition Volume VI*. Swansea: University Wales.
- Davis, M. E., dan Davis, R. J. 2003. *Fundamentals of Chemical Reaction Engineering*. Dover Publications, Inc.: New York.
- Engineering ToolBox. 2001. <https://www.engineeringtoolbox.com>. Diakses pada 21 Mei 2025.
- Dekker, P., Waal, J.C. Van Der, Gruter, G.J.M., Singh, J. dan McKay, B. 2021. *Process For The Production of Ethylene Glycol*. US 11008269B2. United States.
- Dye, R.F. 2001. Ethylene Glycols Technology. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 18(5): 571–579.
- Felder, R. M., Rousseau, R. W., dan Bullard, L.G. 2016. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. USA: WILEY.
- Fogler, H. S. 2016. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. New Delhi: Prentice Hall International Series.

- Geankoplis, C. J.. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. Prentice-Hall International, Inc.: New Jersey.
- Hayes, A. 2022. Average Annual Growth Rate (AAGR) Definition.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Ludwig, E.E. 2001. *Aplied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, 3rd Edition, Vol. 2*. Gulf Publishing Company: Houston.
- Luyben, W.L. 2007. *Chemical Reactor Design and Control*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- McCabe, W. L. & Smith, J. M. (1999) Unit Operation of Chemical Engineering, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 962, Water. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/962>. Diakses pada 6 Januari 2025.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 24507, Potassium Sulphate. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24507>. Diakses pada 6 Januari 2025.
- Nugroho, P. (2015). Dinamika hara kalium dan pengelolaannya di perkebunan karet. *Warta Perkaretan*, 34(2), 89. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v34i2.260>
- OECD. 2024. The Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world/en/profile/hs/ethylene-glycol-ethanediol>. Diakses pada 22 Februari 2024.
- Perry, R. H., Green, D. W., dan Southard, M. Z. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Company.
- Peters, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4 th Edition*. New York : Mc Graw Hill International Book Co.
- Phapros. 2021. *Dewan Komisaris*. <https://www.phapros.co.id/dewan-komisaris>. Diakses pada 10 Juni 2024.
- PT PUSRI. 2013. *Manajemen*. <https://www.pusri.co.id/ina/management-commisioner/>. Diakses pada 21 Mei 2025.
- Rase, H.F. & Holmes, J.R. (1977) *Chemical Reactor Design for Process Plant*. vol

- 2, Principles and Techniques. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Saefrudin. 2018. Pengorganisasian dalam Manajemen. *Jurnal Dirasah*. 1(1): 1-16.
- Smith, J.M., and Van Ness, H. (2005) Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7th ed. Singapore: McGraw Hill International Book Company.
- Stenstrom, M. K., dan Rosso, D. 2003. *Fundamental of Chemical Reactor Theory*. University of California: Los Angeles.
- Suci, R. (2023). Pengaruh aplikasi pupuk kalium terhadap biologi dan statistik demografi nezara viridula l. (hemiptera : pentatomidae) pada polong kedelai. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 11(2), 55-69. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.2.1>
- Towler, G., dan Sinnott, R. 2008. *Chemical Engineering Design*. Elsevier: New York.
- Tumper, J., Turunen, S., Nissinen, V., Laitila, M., Salminen, J., Ventola, M., Heiming, N., dan Weigand, L. 2023. *Production Of Mono-Ethylene Glycol*. US 20230063154A1.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill: Singapore.
- Ullrich, G.D. (1984) A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. New York: John Wiley & Sons.
- Undang-undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
- Undang-undang No. 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas.
- Vilbrandt, F.C., and Dryden, C.E. (1959) Chemical Engineering Plant Design, 4th ed. Japan: McGraw-Hill Book Company.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Newton: Butterworth-Heinemann.
- Wagman, D. D. (1982). The NBS Tables of Chemical Thermodynamic Properties. New York: America Chemical Society.
- Weissermel, K. & Arpe, H.-J. 2003. Oxidation Products of Ethylene. *Industrial Organic Chemistry*.
- William M. Vatauvuk. 2021. *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI): Annual Plant Cost Indexes..* McGraw Hill: New York.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill: New York.

Yaws, C. L. 2003. *Yaws' Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds*. McGraw Hill: New York.