

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mengikuti Ujian Sarjana
Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

**Muhammad Aldy Aziz Rahman
NIM. 03031282025030**

**Aqshal Alif Fadillah
NIM. 03031282025058**

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

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Muhammad Aldy Aziz Rahman

NIM. 03031282025030

Aqshal Alif Fadillah

NIM. 03031282025058

Indralaya, September 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



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

NIP. 197706052003121004

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Nurul Huda, S.T., M.T., IPM.

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas 30.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Muhammad Aldy Aziz Rahman dan Aqshal Alif Fadillah dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 11 September 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si,
NIP. 198606292008122002

()

2. Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T, M.T, IPM.
NIP. 197808222002122001

()

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

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Budi Indan Sari, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502012000122001

Indralaya, September 2025

Pembimbing Tugas Akhir



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

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

MUHAMMAD ALDY AZIZ RAHMAN

03031282025030

AQSHAL ALIF FADILLAH

03031282025058

Judul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
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 11 September 2025 oleh Dosen Penguji:

1. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si,
NIP. 198606292008122002

()

2. Dr. Ir. Fitri Hadiah, S.T, M.T, IPM.
NIP. 197808222002122001

()

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

()

Indralaya, September 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP. 197706052003121004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Aldy Aziz Rahman

NIM : 03031282025030

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas
30.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Aqshal Alif Fadillah** 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, September 2025



Muhammad Aldy Aziz Rahman

03031282025030

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aqshal Alif Fadillah

NIM : 03031282025058

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas
30.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Muhammad Aldy Aziz Rahman** 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, September 2025



Aqshal Alif Fadillah

03031282025058

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2025

Muhammad Aldy Aziz Rahman dan Aqshal Alif Fadillah

Dibimbing oleh Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik Kalium Sulfat direncanakan pendiriannya berlokasi pada kawasan Sukasejati, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Pabrik ini meliputi area seluas 2,5 Ha dengan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun. Proses berlangsung secara dekomposisi ganda (metatesis) dengan mencampurkan larutan kalium klorida dan amonium sulfat dalam *Mixed Flow Reactor* (R-01) di temperatur 60°C dan tekanan 1 atm. Mekanisme reaksi metatesis yang terjadi yaitu:



Bentuk badan usaha yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi berbasis garis dan staf (*line and staff*). Operasional harian dipimpin oleh seorang direktur utama dengan pabrik akan dijalankan oleh 190 orang karyawan. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, maka pabrik Kalium Sulfat dinyatakan layak untuk didirikan, dengan rincian sebagai berikut:

❖ <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	: \$41.554.811,46
❖ <i>Selling Price per Year</i>	: \$98.183.835,90
❖ <i>Total Production Cost (TPC)</i>	: \$58.766.107,57
❖ <i>Annual Cash Flow (ACF)</i>	: \$24.701.918,68
❖ <i>Pay Out Time (POT)</i>	: 1,57 tahun
❖ <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	: 52,17%
❖ <i>Discounted Cash Flow ROR (DCF-ROR)</i>	: 59,09%
❖ <i>Break Even Point (BEP)</i>	: 32,33%
❖ <i>Service Life</i>	: 11 tahun

Kata kunci: Kalium Sulfat, *Mixed Flow Reactor*, Reaksi Metatesis

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Indan Sari, S.T., M.T., IPM.

NIP. 197502012000122001

Indralaya, September 2025

Koordinator Tugas Akhir

Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.

NIP. 198606292008122002

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 berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat 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 serta terima kasih 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) Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Dr. Ir. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Dr. Budi Santoso, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 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. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Indralaya, September 2025

Tim Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERBAIKAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pembuatan Pabrik	4
1.4. Sifat Fisik dan Kimia	5
1.4.1. Kalium Sulfat (K_2SO_4)	5
1.4.2. Kalium Klorida (KCl)	5
1.4.3. Amonium Sulfat ($(NH_4)_2SO_4$)	5
1.4.4. Amonium Klorida (NH_4Cl).....	6
1.4.5. Air (H_2O).....	6
BAB II PERENCANAAN PABRIK	7
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	7
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi	8
2.3. Pemilihan Proses	12
2.4. Uraian Proses	17
2.4.1. Pelarutan Bahan Baku	17
2.4.2. Reaksi Dekomposisi Ganda (Metatesis).....	17
2.4.3. Penanganan Produk Samping.....	17
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	19
3.1. Lokasi Pabrik	19
3.2. Letak Pabrik	22

3.3.	Perkiraan Luas Tanah Yang Dibutuhkan.....	25
3.4.	Pertimbangan Tata Letak Pabrik	26
BAB IV NERACA MASSA DAN PANAS.....		28
4.1.	Neraca Massa	28
4.1.1.	Tangki Pelarut Amonium Sulfat (MT-01)	28
4.1.2.	Tangki Pelarut Kalium Klorida (MT-02).....	29
4.1.3.	Reaktor (R-01)	29
4.1.4.	<i>Centrifuge</i> Kalium Sulfat (CF-01)	29
4.1.5.	<i>Rotary Dryer</i> Kalium Sulfat (RTD-01)	30
4.1.6.	<i>Cyclone</i> Kalium Sulfat (CYC-01).....	30
4.1.7.	<i>Ball Mill</i> Kalium Sulfat (BM-01).....	31
4.1.8.	<i>Evaporator Mother Liquor</i> (EV-01).....	31
4.1.9.	<i>Crystallizer</i> (CR-01).....	32
4.1.10.	<i>Centrifuge</i> (CF-02)	32
4.1.11.	<i>Rotary Dryer</i> Amonium Klorida (RTD-02)	32
4.1.12.	<i>Cyclone</i> Amonium Klorida (CYC-02).....	33
4.2.	Neraca Panas.....	33
4.2.1.	Tangki Pelarut Amonium Sulfat (MT-01)	33
4.2.2.	Tangki Pelarut Kalium Klorida (MT-02).....	34
4.2.3.	<i>Cooler</i> Amonium Sulfat (C-01).....	34
4.2.4.	<i>Cooler</i> Kalium Klorida (C-02).....	34
4.2.5.	Reaktor (R-01)	34
4.2.6.	<i>Heater</i> Kalium Sulfat (HE-01).....	35
4.2.7.	<i>Rotary Dryer</i> Kalium Sulfat (RTD-01)	35
4.2.8.	<i>Cooling Conveyor</i> (CC-01).....	35
4.2.9.	<i>Evaporator</i> (EV-01)	35
4.2.10.	Kondensor (CD-01)	36
4.2.11.	<i>Crystallizer</i> (CR-01)	36
4.2.12.	<i>Heater</i> Amonium Klorida (HE-02).....	36
4.2.13.	<i>Rotary Dryer</i> Amonium Klorida (RTD-02)	36
BAB V UTILITAS.....		37
5.1.	Unit Pengadaan Air	37
5.1.1.	Air Pendingin	37
5.1.2.	Air Umpan <i>Boiler</i>	40

5.1.3.	Air Domestik.....	40
5.1.4.	Air Proses.....	41
5.2.	Unit Pengadaan Steam	42
5.2.1.	Steam Pemanas.....	42
5.3.	Unit Pengadaan Listrik.....	42
5.3.1.	Listrik untuk Peralatan	42
5.3.2.	Listrik untuk Penerangan	43
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	46
5.4.1.	Bahan Bakar untuk Generator	46
5.4.2.	Bahan Bakar untuk Boiler.....	46
BAB VI	SPESIFIKASI PERALATAN.....	48
6.1.	<i>Hopper</i> Amonium Sulfat (H-01).....	48
6.2.	Tangki Pelarut Amonium Sulfat (MT-01).....	48
6.3.	Pompa Larutan Amonium Sulfat (PU-01).....	49
6.4.	<i>Hopper</i> Kalium Klorida (H-02)	50
6.5.	Tangki Pelarut Kalium Klorida (MT-02)	50
6.6.	Pompa Larutan Kalium Klorida (PU-02).....	51
6.7.	Cooler Amonium Sulfat (C-01).....	52
6.8.	Cooler Kalium Klorida (C-02).....	52
6.9.	Reaktor (R-01)	53
6.10.	<i>Centrifuge</i> (CF-01)	54
6.11.	Belt Conveyor Kalium Sulfat (BC-01)	55
6.12.	<i>Blower</i> Kalium Sulfat (BL-01).....	55
6.13.	<i>Heater</i> Udara Kalium Sulfat (HE-01)	56
6.14.	Rotary Dryer Kalium Sulfat (RTD-01).....	57
6.15.	<i>Cyclone</i> Kalium Sulfat (RTD-01)	57
6.16.	Cooling Conveyyor Kalium Sulfat (CC-01)	58
6.17.	Bucket Elevator Kalium Sulfat 1 (BE-01)	59
6.18.	Ball Mill Kalium Sulfat (BM-01).....	60
6.19.	<i>Screw Conveyor</i> Kalium Sulfat (SC-01)	60
6.20.	<i>Bucket Elevator</i> Kalium Sulfat 2 (BE-02)	61
6.21.	<i>Silo</i> Kalium Sulfat (S-01)	61
6.22.	Pompa Larutan <i>Mother Liquor</i> (PU-03)	62
6.23.	Evaporator <i>Mother Liquor</i> (EV-01).....	62

6.24.	Kondensor (CD-01).....	63
6.25.	Pompa Larutan <i>Mother Liquor</i> (PU-04)	64
6.26.	<i>Crystallizer</i> (CR-01)	65
6.27.	<i>Centrifuge</i> (CF-02)	65
6.28.	<i>Belt Conveyer</i> Amonium Klorida (BC-02).....	66
6.29.	<i>Blower</i> Amonium Klorida (BL-02)	66
6.30.	<i>Heater</i> Udara Amonium Klorida (HE-02)	67
6.31.	<i>Rotary Dryer</i> Amonium Klorida (RTD-02)	68
6.32.	<i>Cyclone</i> Amonium Klorida (CYC-02)	68
6.33.	<i>Bucket Elevator</i> Amonium Klorida (BE-03)	69
6.34.	<i>Silo</i> Amonium Klorida (S-02)	70
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		71
7.1.	Bentuk Perusahaan	71
7.2.	Struktur Organisasi.....	73
7.3.	Tugas dan Wewenang.....	73
7.3.1.	Dewan Komisaris	73
7.3.3.	Manajer Teknik dan Produksi.....	74
7.3.4.	Manajer Keuangan dan Pemasaran	75
7.3.5.	Manajer Umum dan Kepegawaian.....	75
7.3.6.	Kepala Bagian	76
7.3.7.	Kepala Seksi.....	76
7.3.8.	Operator/Karyawan	76
7.4.	Sistem Kerja.....	77
7.4.1.	Waktu Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i>	77
7.4.2.	Cuti Tahunan	78
7.4.3.	Hari Libur Nasional.....	78
7.4.4.	Kerja Lembur	79
7.4.5.	Waktu Kerja Karyawan Shift	79
7.5.	Penentuan Jumlah Buruh.....	79
7.5.1.	Pengelompokkan Buruh Pabrik.....	80
7.5.2.	Metode Penentuan Jumlah Buruh	80
BAB VIII ANALISA EKONOMI		85
8.1.	Profitabilitas.....	86
8.1.1.	Total Penjualan Produk	86

8.1.2.	Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	86
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	87
8.2.1.	Perhitungan Depresiasi.....	87
8.2.2.	Lama Pengembalian Modal.....	88
8.2.3.	<i>Pay Out Time</i> (POT).....	89
8.3.	Total Modal Akhir	89
8.3.1.	<i>Net Profit Over Total Life Time of the Project</i> (NPOTLP).....	89
8.3.2.	<i>Total Capital Sink</i> (TCS).....	91
8.4.	Laju Pengembalian Modal.....	91
8.5.	<i>Break Even Point</i> (BEP)	92
BAB IX KESIMPULAN.....		96
DAFTAR PUSTAKA		97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor Ekspor Kalium Sulfat di Indonesia	8
Tabel 2.2. Hasil Perhitungan Kapasitas Pabrik Kalium Sulfat	9
Tabel 2.3. Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-Rata	10
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Utilitas.....	37
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pendingin	38
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Proses	41
Tabel 5.4. Kebutuhan Steam.....	42
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Peralatan	43
Tabel 5.6. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan	44
Tabel 5.7. Jumlah Lampu Merkury	44
Tabel 7.1. Tabel Perincian Waktu Kerja	78
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk.....	86
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Modal	88
Tabel 8.3. Nilai Slope dan Intercept Break Even Point	93
Tabel 8.4. Kesimpulan Analisa Ekonomi	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik Kebutuhan Kalium Sulfat Tahun 2020-2024.....	9
Gambar 2.2. Flowsheet Kalium Sulfat	18
Gambar 3.1. Jarak Lokasi Pabrik ke Lokasi Bahan Baku Amonium Sulfat.....	24
Gambar 3.2. Jarak Lokasi Pabrik ke Lokasi Bahan Baku Kalium Klorida	24
Gambar 3.3. Jarak Lokasi Pabrik ke Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta Utara	25
Gambar 3.4. Area Pendirian Pabrik Kalium Sulfat di Bekasi Jawa Barat	25
Gambar 3.5. Layout Pabrik Kalium Sulfat	26
Gambar 3.6. Layout Alat Pabrik Kalium Sulfat	27
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	84
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	94

DAFTAR NOTASI

1. Heat Exchanger (Evaporator, Kondensor, Heater, dan Cooler)

ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft
q_f	: rate volumetrik, cuft/jam
μ	: viskositas bahan, lb/ft s
Q_{steam}	: Energi Panas Steam, Btu/jam
W_{steam}	: Aliran Massa Steam, lb/jam
ΔT_{panas}	: Perubahan suhu steam, °F
ΔT_{dingin}	: Perubahan suhu bahan, °F
f_p	: allowable pressure, psi
A	: Luas penampang alat, ft ²
ΔH	: Entalpi/Energi Panas, kkal/jam
Q	: Energi Panas, kkal/jam
n	: mol/berat bahan, kmol/jam
C_p	: Panas spesifik, kkal/mol.K
T_{ref}	: suhu referensi, K
A, B, C, D, E	: konstanta panas spesifik
T	: suhu bahan, K
$H^\circ F$	: Panas Pembentukan, kkal/mol
H_s	: Panas Pelarutan, kkal/mol
λ	: Panas Perubahan Fase, kkal/kg
M	: Aliran Massa bahan, kg
UD, h_i, h_{io}	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr ft ² °F
OD	: Diameter luar tube, in
ID	: Diameter dalam tube, in
BWG	: Ukuran ketebalan dinding tabung
F	: Aliran Massa Total, kg/jam
X_F	: Rasio Massa Kristal
L	: Aliran Massa Larutan Pekat, kg/jam
X_L	: Rasio Massa Larutan
$a't$	: Area Alir, in ²
a''	: Permukaan pada panjang linear, ft ²

N_t	: Jumlah Tube
ID_s	: Diameter dalam Shell, in
B	: Jarak Baffle, in
U_c	: Clear Overall Coefficient, Btu/hr ft ² °F
R_d	: Faktor pengotor
N_{Re}	: Bilangan Reynolds
ΔP_t	: Pressure drop pada tube, psia
ΔP_s	: Pressure drop pada shell, psia
D	: Diameter alat, ft
H	: Tinggi alat, ft
P_d	: Tekanan desain, psig
t_s	: tebal shell minimum, in
r_i	: jari-jari tangki, in
C	: faktor korosi, in
E	: faktor pengelasan,
f	: stress allowable, psi
W	: faktor intensifikasi stress
r_c	: crown radius, in
i_{cr}	: crown radius inside, in
t_h	: tebal tutup, in
D_{it}	: Diameter tutup dalam, in
t_c	: tebal conical, in
h_c	: tinggi conical, ft
h_b	: tinggi total tangki, ft
G_s	: Kecepatan massa pada Shell, lb/hr ft ²
G_t	: Kecepatan massa pada Tube, lb/hr ft ²

2. Tangki Pemanas (Tangki Pelarut dan Reaktor)

ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft
H	: Tinggi tangki, ft
D	: Diameter tangki, ft
D_i	: Diameter tangki, ft
H_{liq}	: Tinggi liquid dalam tangki, ft

P	: Tekanan tangki, psi
P_d	: Tekanan desain tangki, psi
t_s	: tebal shell minimum, in
r_i	: jari-jari tangki, in
C	: faktor korosi, in
E	: faktor pengelasan,
f	: stress allowable, psi
ΔH	: Entalpi/Energi Panas, kkal/jam
Q	: Energi Panas, kkal/jam
n	: mol/berat bahan, kmol/jam
C_p	: Panas spesifik, kkal/mol.K
T_{ref}	: suhu referensi, K
A, B, C, D, E	: konstanta panas spesifik
T	: suhu bahan, K
$H^\circ F$	: Panas Pembentukan, kkal/mol
H_s	: Panas Pelarutan, kkal/mol
λ	: Panas Perubahan Fase, kkal/kg
M	: Aliran Massa bahan, kg
OD	: Diameter luar tutup tangki, in
ID	: Diameter dalam tutup tangki, in
r_c	: jari-jari tutup tangki, in
t_h	: tebal tutup tangki, in
D_a	: Diameter impeller, ft
W	: Lebar blade, ft
P_b	: Panjang blade, ft
J	: Lebar baffle, ft
V	: peripheral speed, m/menit
N	: jumlah putaran pengaduk, rpm
$\Delta H^\circ R$	: Entalpi reaksi, kkal/jam
S_g	: specific gravity
E	: Jarak impeller, ft
μ	: Viskositas bahan, lb/ft.s

N_{Re}	: Bilangan Reynolds
P_w	: Power/Tenaga alat, hp
g_c	: konstanta konversi, $\text{ft/s}^2 \text{ lbm/lbf}$
q_f	: rate volumetrik, cuft/jam
v	: kecepatan aliran, ft/detik
D_2	: Diameter dalam jacket, in
D_1	: Diameter luar bejana, in
c	: Kapasitas panas, $\text{Btu/lb } ^\circ\text{F}$
k	: konduktifitas termal, $\text{Btu/hr ft}^2 (^\circ\text{F/ft})$
h_i	: koefisien perpindahan panas, $\text{Btu/hr ft}^2 ^\circ\text{F}$
h_{io}	: koefisien perpindahan panas tutup , $\text{Btu/hr ft}^2 ^\circ\text{F}$
h_j	: tinggi jacket
D_{ij}	: diameter dalam jacket, in
D_{oj}	: diameter luar jacket, in
r_{ij}	: jari-jari jacket, in
P_{dj}	: Tekanan desain jacket, psi
t_j	: tebal dinding jacket, m

3. Tangki Penampung Sementara (Hopper dan Silo)

m_f	: rate massa bahan, kg/jam
q_f	: rate volumetrik, cuft/jam
ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft
H	: Tinggi tangki, ft
D	: Diameter tangki, ft
α	: $1/2$ sudut konis, $^\circ$
P	: tekanan tangki, psi
t_s	: tebal shell minimum, in
r_i	: jari-jari tangki, in
C	: faktor korosi, in
E	: faktor pengelasan,
f	: stress allowable, psi
t_h	: tebal head conical
t_c	: tinggi conical

4. Pompa

ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft
N_{Re}	: Bilangan Reynolds
q_r	: fluid flowrate, cuft/s
D_i	: diameter pipa, in
OD	: Diameter luar pipa, in
ID	: Diameter dalam pipa, in
A	: Area alir pipa, ft ²
μ	: viskositas bahan, lb/ft s
V	: kecepatan aliran, ft/s
g_c	: konstanta konversi, ft/s ² lb _m / lbf
$F1, F2, F3, F4, F5$	: Friksi terjadi, ft. lbf / lb _m
Z	: tinggi reaktor
W_f	: Persamaan Bernoulli, ft. lbf / lb _m
η	: efisiensi motor
P_w	: Power motor, hp

5. Separator (Centrifuge, Cyclone, dan Rotary Dryer)

ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft
q_f	: rate volumetrik, cuft/jam
m_f	: rate massa, kg/jam

6. Crystallizer

ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft
q_f	: rate volumetrik, cuft/jam
m_f	: rate massa, lb/jam
ΔH	: Entalpi/Energi Panas, kkal/jam
Q	: Energi Panas, kkal/jam
n	: mol/berat bahan, kmol/jam
C_p	: Panas spesifik, kkal/mol.K
T_{ref}	: suhu referensi, K
A, B, C, D, E	: konstanta panas spesifik
T	: suhu bahan, K

$H^{\circ}F$	: Panas Pembentukan, kkal/mol
H_s	: Panas Pelarutan, kkal/mol
λ	: Panas Perubahan Fase, kkal/kg
M	: Aliran Massa bahan, kg
S	: Kelarutan
W_o	: Berat Feed, kg
H_o	: Total Feed Liquid, kg
P	: Jumlah kristal, kg
t	: waktu kristalisasi, hr
L	: ukuran kristal, m
G	: kecepatan pertumbuhan kristal, m/s
V	: volume larutan, cuft
D	: Diameter alat
S	: Luas area cooling, ft ²
P_w	: Power motor, hp

7. Transporter (Belt Conveyor, Bucket Elevator, Screw Conveyor, dan Cooling Conveyor)

α	: Slope/Kemiringan alat, °
m_f	: rate massa, kg/jam
P_w	: Power alat, hp
q_f	: rate volumetrik, cuft/jam
ρ	: Massa jenis bahan, lb/cuft

8. Size Reduction (Ball Mill)

D_{ball}	: Diameter ball (in)
K	: Konstanta grindability, in
X_f	: Ukuran rata-rata feed, in (100 mesh)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	99
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	128
LAMPIRAN III PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN.....	211
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN DAN ANALISA EKONOMI.....	408
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	424

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan bahan kimia di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, namun produksi bahan kimia dalam negeri tidak mampu mengimbangi. Indonesia masih harus melakukan impor dari negara-negara produsen utama untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri. Nilai impor tersebut akan meningkat terus-menerus setiap tahunnya jika tidak segera diatasi. Upaya pencegahan yang dapat dilakukan yaitu mendirikan pabrik kimia. Salah satu industri kimia di Indonesia yang saat ini masih belum mencukupi kebutuhan konsumsinya yaitu produk kalium sulfat.

Salah satu produk yang dapat mendukung kemajuan bidang industri dan perekonomian adalah pupuk. Pupuk merupakan unsur hara yang digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan tanaman. Pupuk terbagi menjadi dua jenis yaitu pupuk alami dan pupuk buatan. Pupuk alami merupakan pupuk yang secara alami tersedia di alam seperti kotoran hewan dan sampah daun yang terdekomposisi. Pupuk buatan yaitu pupuk yang dibuat secara sintetis dari bahan kimia.

Kebutuhan pupuk di Indonesia masih cukup besar karena sebagian besar dari penduduk Indonesia berprofesi sebagai petani. Penduduk Indonesia melakukan kegiatan bercocok tanam sudah sejak lama, hal ini memungkinkan unsur hara tanah semakin berkurang, sehingga membutuhkan unsur hara tanah tambahan yang cukup besar sesuai yang dibutuhkan (Maesaroh dkk, 2014). Unsur hara tanah merupakan unsur-unsur kimia yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dengan baik. Unsur hara ini terdiri dari dua kategori yaitu makro dan mikro. Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah besar bagi tanaman sedangkan mikro dalam jumlah kecil. Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah besar untuk mendukung berbagai proses fisiologis seperti pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah kecil, namun sangat penting untuk fungsi enzimatik dan proses kimia yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Salah satu unsur hara makro tersebut merupakan kalium dan sulfur yang terkandung dalam pupuk kalium sulfat (K_2SO_4). Pupuk kalium sulfat harganya relatif mahal karena produksi di Indonesia hanya sedikit. Kandungan kalium (K) pada pupuk kalium sulfat sangat penting pada tanaman untuk membantu proses

penyuburan tanaman dan memperkuat tubuh, akar, dan daun tanaman. Jenis-jenis pupuk yang mengandung kalium adalah kalium klorida (KCl), kalium sulfat (K_2SO_4), dan kalium nitrat (K_2NO_3). Pupuk kalium sulfat memiliki kelebihan dibanding pupuk kalium lainnya yaitu kandungan sulfur (S). Sulfur memiliki banyak peran penting dalam pertumbuhan tanaman, mulai dari sintesis protein, pembentukan klorofil, hingga meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan stres. Kekurangan sulfur dapat menyebabkan berbagai gejala defisiensi, seperti daun yang kekuningan (klorosis), penurunan pertumbuhan, dan hasil yang buruk. Oleh karena itu, memastikan ketersediaan sulfur dalam tanah sangat penting untuk mencapai hasil pertanian yang optimal.

Pupuk kalium sulfat sangat bermanfaat bagi tanaman yang membutuhkan pasokan kalium dan sulfur secara bersamaan. Tanaman seperti bawang merah, kubis, tomat, dan kentang dapat memperoleh manfaat signifikan dari pupuk ini, karena kalium berperan dalam mengatur keseimbangan air, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, dan memperbaiki kualitas buah dan umbi. Sementara itu, sulfur membantu dalam sintesis protein, pembentukan klorofil, dan meningkatkan rasa serta aroma pada beberapa jenis sayuran. Dengan pemupukan kalium sulfat, tanaman-tanaman ini dapat tumbuh lebih sehat, menghasilkan hasil yang lebih baik, dan meningkatkan efisiensi dalam penyerapan unsur hara dari tanah, terutama pada tanah yang kekurangan sulfur.

Seiring dengan berkembangnya industri pertanian dan meningkatnya akan kebutuhan pasar terhadap produk pertanian berkualitas tinggi, pabrik pembuatan kalium sulfat memiliki peran yang sangat strategis. Dengan menggunakan bahan baku utama kalium klorida (KCl) dan amonium sulfat $(NH_4)_2SO_4$, pabrik ini dapat menghasilkan kalium sulfat yang berkualitas. Selain itu, dengan teknologi produksi yang efisien, pabrik ini tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap perekonomian lokal, menciptakan lapangan pekerjaan, dan mengurangi ketergantungan pada impor pupuk.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Kalium sulfat (K_2SO_4) adalah senyawa yang sangat penting dalam industri kimia, khususnya dalam produksi pupuk kalium yang digunakan dalam pertanian. Kalium sulfat memiliki rumus molekul K_2SO_4 dan berat molekul 174,26 g/mol.

Sebagai salah satu sumber utama kalium dalam pupuk, kalium sulfat memainkan peran vital dalam meningkatkan hasil pertanian, karena kalium adalah unsur hara penting yang mendukung pertumbuhan tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Selain itu, kalium sulfat juga menyediakan unsur sulfur yang penting untuk pertumbuhan tanaman, terutama dalam pembentukan protein dan klorofil. Produk kalium sulfat ini digunakan secara luas dalam sektor pertanian, baik untuk tanaman yang sensitif terhadap klorida maupun untuk tanaman yang membutuhkan tambahan sulfur.

Kalium sulfat pertama kali diperkenalkan pada abad ke-19 dan sejak itu telah digunakan dalam industri pupuk. Pada masa lalu, kalium sulfat diproduksi melalui proses kimia yang melibatkan reaksi antara kalium klorida dan asam sulfat, menghasilkan kalium sulfat sebagai produk utama dan asam klorida sebagai produk sampingan. Saat ini, sebagian besar produksi kalium sulfat dilakukan dengan metode industri yang lebih efisien. Salah satu metode utama dalam produksi kalium sulfat adalah proses Mannheim, yang melibatkan reaksi antara kalium klorida dan asam sulfat di dalam reaktor khusus untuk menghasilkan kalium sulfat dengan kualitas tinggi.

Setelah Perang Dunia II, permintaan kalium sulfat meningkat pesat seiring dengan kebutuhan global akan pupuk berkualitas tinggi untuk mendukung ketahanan pangan. Kalium sulfat menjadi sangat dibutuhkan, terutama untuk tanaman yang sensitif terhadap klorida, seperti tembakau, anggur, jeruk, dan beberapa jenis buah-buahan. Teknologi produksi kalium sulfat semakin berkembang selama dekade 1940-an dan 1950-an untuk memenuhi permintaan pasar yang terus berkembang.

Kalium sulfat dapat diperoleh dari berbagai sumber bahan mentah, termasuk kalium klorida yang diekstraksi dari batuan mineral karnalit dan batuan mineral sylvinite. Kalium sulfat juga dapat diperoleh serta melalui proses kimia yang melibatkan reaksi kalium klorida dengan bahan dari asam sulfat. Seiring dengan meningkatnya permintaan global untuk pupuk kalium, inovasi dalam teknologi terhadap produksi kalium sulfat terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi proses dan mengurangi dampak lingkungan dari produksinya.

Produksi kalium sulfat di Indonesia mulai berkembang seiring dengan potensi alam Indonesia yang kaya akan sumber daya mineral, seperti endapan karnalit dan sylvinite. Pabrik-pabrik produksi kalium sulfat didirikan dengan mempertimbangkan faktor-faktor strategis seperti ketersediaan bahan baku, infrastruktur pendukung, dan permintaan pasar domestik serta internasional yang terus meningkat. Dengan perkembangan teknologi, proses produksi kalium sulfat kini mengalami banyak evolusi, memungkinkan konversi sumber daya alam menjadi kalium sulfat dengan efisiensi yang lebih tinggi dan pengendalian kualitas yang ketat. Seiring dengan meningkatnya permintaan global untuk pupuk kalium dan produk terkait, investasi dalam teknologi produksi modern di sektor kalium sulfat menjadi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan domestik dan mendukung ekspansi pasar ekspor Indonesia.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pembuatan Pabrik

Kalium sulfat (K_2SO_4) merupakan salah satu senyawa kunci yang memiliki berbagai aplikasi penting, terutama dalam industri pertanian sebagai bahan baku utama dalam pembuatan pupuk kalium. Pupuk kalium ini mendukung pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan daya tahan tumbuhan terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan untuk perkembangannya. Pendirian pabrik kalium sulfat dapat memberikan dampak positif yang signifikan. Kehadirannya akan mempercepat pertumbuhan industri hilir yang bergantung pada kalium sulfat sebagai bahan baku, seperti industri pupuk dan kimia. Kalium sulfat juga dapat meningkatkan pendapatan nasional dengan pemanfaatan potensi sumber daya alam lokal untuk menghasilkan produk bernilai tambah tinggi.

Pendirian pabrik kalium sulfat dalam negeri dapat menghemat devisa negara dengan mengurangi ketergantungan pada impor bahan kimia termasuk kalium sulfat beserta produk turunannya. Pendirian pabrik kalium sulfat dapat membuka peluang besar dalam menciptakan lapangan kerja, yang dapat membantu ekonomi dan mengurangi tingkat pengangguran secara signifikan. Pemanfaatan dari pabrik kalium sulfat juga dapat memberikan manfaat bagi perekonomian domestik melalui pengembangan industri yang berkelanjutan dan berbasis pada kebutuhan pangan global sehingga ketahanan pangan nasional akan tercipta melalui pendirian pabrik untuk produksi kalium sulfat.

1.4. Sifat Fisik dan Kimia

1.4.1. Kalium Sulfat (K_2SO_4)

- Rumus Molekul: K_2SO_4
- Berat Molekul: 174,26 g/mol
- Densitas: 2,66 g/cm³
- Titik Didih: 1.460 °C
- Titik Leleh: 1.065 °C
- Temperatur Kritis: 1.480 K
- Tekanan Kritis: 6,8 MPa
- Kelarutan: 12,3 g/100 mL (pada 20 °C)

1.4.2. Kalium Klorida (KCl)

- Rumus Molekul: KCl
- Berat Molekul: 74,55 g/mol
- Densitas: 1,98 g/cm³
- Titik Didih: 1.400 °C (pada tekanan atmosfer)
- Titik Leleh: 770 °C
- Temperatur Kritis: 1.470 K
- Tekanan Kritis: 7,4 MPa
- Kelarutan: 34,2 g/100 mL (pada 20 °C)

1.4.3. Amonium Sulfat ($(NH_4)_2SO_4$)

- Rumus Molekul: $(NH_4)_2SO_4$
- Berat Molekul: 132,14 g/mol
- Densitas: 1,77 g/cm³ (pekat)
- Titik Didih: Tidak tersedia secara langsung (dekomposisi pada suhu 235 °C)
- Titik Leleh: 235 °C (dekomposisi)
- Temperatur Kritis: -
- Tekanan Kritis: -
- Kelarutan: Larut dalam air (dapat larut 70,6 g/ml pada suhu 20 °C)

1.4.4. Amonium Klorida (NH_4Cl)

- Rumus Molekul: NH_4Cl
- Berat Molekul: 53,5 g/mol
- Densitas: 1,53 g/cm³
- Titik Didih: -
- Titik Leleh: 340 °C (dekomposisi)
- Temperatur Kritis: 370 °C (643 K)
- Tekanan Kritis: 16,3 MPa
- Kelarutan: Larut dalam air (solubilitas 37,2 g/100 ml pada 20°C)

1.4.5. Air (H_2O)

- Rumus Molekul: H_2O
- Berat Molekul: 18,015 g/mol
- Densitas: 0,998 g/cm³ (pada 25 °C)
- Titik Didih: 100 °C (pada tekanan atmosfer)
- Titik Leleh: 0 °C
- Temperatur Kritis: 647 K
- Tekanan Kritis: 22,06 MPa
- Kelarutan: 1.000 g/100 mL (pada 25 °C)

DAFTAR PUSTAKA

- Badger, W. L., dan Banchero, J. T. 1955. *Introduction to Chemical Engineering*. Tokyo: Mc Graw Hill Book Company.
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. New Delhi: Wiley Estern Limited.
- Geankoplis, C. J. 1997. *Transport Processes and Unit Operation 3th Edition*. New Delhi: Wiley Estern Limited.
- Hastriadi, T., Ramdhani, N. A., dan Yusri, W. A. 2024. *Prarancangan Pabrik Pupuk Biochar Dari Cangkang Kemiri Dengan Proses Slow Pirolisis Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*. [SKRIPSI]. Lhokseumawe (IDN). Universitas Malikussaleh.
- Heni, R., Solihin, S., Supratman, J., dan Muhendra, R. 2023. Pengembangan Model Peramalan Penjualan Menggunakan Metode Regresi Linier dan Polinomial pada Industri Makanan Ringan (Studi Kasus: CV. Stanley Mandiri Snack). *TEKNOSAINS*. Vol. 10(2): 185-192.
- Hesse, H. C. dan Rouston, H. 1945. *Process Equipment Design cet 8*. New Jersey: Van Nostrand.
- Himmelblau, D. M. 1996, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Joshi, M. V. 1981. *Proses Equipment Design*. New York: McGraw Hill Company, Ltd.
- Kern, D. D. 1988. *Process Heat Transfer*. Singapore: Mc Graw Hill Book Company.
- Ludwig, E., 1964. *Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Volume I*. Texas: Gulf publishing Co.
- Maesaroh, S., Sedyawanti, S. M. R., dan Mahatmanti, F. W. 2014. Pembuatan Pupuk K_2SO_4 dari Ekstrak Abu Serabut Kelapa dan Air Kawah Item. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol. 3(3): 239-243.
- McCabe, W. L., dan Smith, J. C. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Meinhard, T. S. 2013. *Applied Fluid Mechanics for Engineer*. New York: Mc Graw Hill Professional.

- Mubarak, Y. A. 2018. Integrated Process for Potassium Sulfate and a Mixture of Ammonium Chloride/Potassium Sulfate Salt Production. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7(4): 185-197.
- Perry, R.H. 1974. *Chemical Engineering Hand Book 5th Edition*. Tokyo: Mc Graw Hill Book, Kogakusha, Ltd.
- Perry, R. H. 1999. *Chemical Engineering Hand Book 7th Edition*. New York: Mc Graw Hill Companies.
- Perry, R.H.1980. *Perry Chemical Engineering Hand Book 6th Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Company, Inc.
- Peters, M. S., dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 4th Edition*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Russel, T.W. F., dan Deen, M.M. 1972. *Introduction to Chemical Engineering Analysis*. New York: John Wiley and Son, Inc.
- Severn. 1954. *Steam Air dan Gas Power*. New York: John Wiley and Son, Inc.
- Sherwood, T. 1957. *The Properties of Gasses and Liquid 3th Edition*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Sherwood, T. K. 1997. *The Properties of Gasses and Liquid 3th Edition*. New York: Mc Graw Hill Company Inc.
- Smith, J.H., dan Van Ness, H.C, 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic 4th Edition*. New York: Mc Graw Hill Company Inc..
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic*. USA: John Wiley and Sons.
- Walas, S. M. 1998. *Chemical Process Equipment*. Washington: Butterworth Heineman.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc Graw Hill Book Co, Inc.