

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh:

DHEA ALVIRA

03031282126053

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

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

Oleh:

Dhea Alvira

NIM. 03031282126053

Indralaya, September 2025

Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.
NIP. 196108121987031003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Mukhlis Indan Sari, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas 33.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Dhea Alvira dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 September 2025. Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

NIP. 197503261999032002

()

2. Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng.

NIP. 199001272025062001

()

3. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197505112000122001

()



Indralaya, 19 September 2025

Pembimbing Tugas Akhir


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.
NIP. 196108121987031003

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

DHEA ALVIRA / 03031282126053

Judul:

"PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT
KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN"

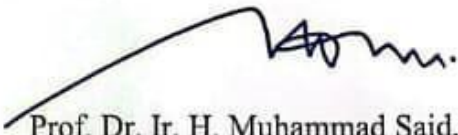
Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 November 2025 oleh Dosen Penguji:

1. Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T. ()
NIP. 197503261999032002
2. Ir. Bazlina Dawami Afrah, S.T., M.T., M.Eng. ()
NIP. 199001272025062001
3. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D. ()
NIP. 197505112000122001

Indralaya, 19 September 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.
NIP. 196108121987031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dhea Alvira

NIM : 03031282126053

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat
Kapasitas 33.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya Saya didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Indralaya, 19 September 2025



Dhea Alvira

NIM. 03031282126053



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 Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas 33.000 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. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Ibu Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- 5) Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
- 6) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 7) Semua pihak, termasuk teman-teman, yang telah membantu, mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan.

Palembang, September 2025

Dhea Alvira
NIM. 03031282126053

RINGKASAN

PRA-RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS 33.000 TON/ TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2025

Dhea Alvira

Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan kalium sulfat dengan kapasitas produksi 33.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2030. Bahan baku dari pembuatan kalium sulfat ini adalah kalium klorida dan amonium sulfat. Proses pembuatan kalium sulfat ini mengacu pada Patent US No. 2023/0286874 A1, dimana proses yang digunakan berupa proses *double decomposition single stage*, membentuk kalium sulfat sebagai produk utama beserta dengan amonium klorida sebagai produk samping. Jenis reaktor yang digunakan adalah *continuous stirred tank reactor* (CSTR). Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 120 orang. Pabrik kalium sulfat layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

- *Total Capital Investment* (TCI) = US\$ 126.609.971,0436
- *Selling Price per Year* = US\$ 155.183.455,0902
- *Total Production Cost* (TPC) = US\$ 75.506.364,7589
- *Annual Cash Flow* (ACF) = US\$ 48.050.579,4306
- *Pay Out Time* (POT) = 2,64 tahun
- *Rate Of Return* (ROR) = 40,91%
- *Break Even Point* (BEP) = 27,26%
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci: Kalium sulfat, *Continuous stirred tank reactor*, Perseroan terbatas

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERBAIKAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	vi
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Kalium Sulfat	3
1.3.1. Proses Mannheim	3
1.3.2. Proses Dekomposisi KCl dengan $MgSO_4$	3
1.3.3. Proses Dekomposisi KCl dengan Na_2SO_4	3
1.3.4. Proses Dekomposisi KCl dengan $(NH_4)_2SO_4$	4
1.3.5. Proses Dekomposisi KCl dengan $CaSO_4$	4
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	4
1.4.1. Bahan baku	4
1.4.2. Bahan Tambahan	5
1.4.3. Produk Utama	6
1.4.4. Produk Samping	6
BAB II	Error! Bookmark not defined.
PERENCANAAN PABRIK	Error! Bookmark not defined.
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	Error! Bookmark not defined.
2.2. Penentuan Kapasitas	Error! Bookmark not defined.
2.3. Pemilihan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
2.4. Pemilihan Proses	Error! Bookmark not defined.
2.5. Uraian Proses	Error! Bookmark not defined.
2.5.1. Tahap Preparasi	Error! Bookmark not defined.
2.5.2. Tahap Reaksi	Error! Bookmark not defined.
2.5.3. Tahap Separasi dan Pemurnian	Error! Bookmark not defined.
BAB III	Error! Bookmark not defined.
LOKASI DAN LETAK PERALATAN PABRIK	Error! Bookmark not defined.

3.1. Lokasi Pabrik	Error! Bookmark not defined.
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
3.1.2. Sarana Penunjang (Utilitas)	Error! Bookmark not defined.
3.1.3. Transportasi dan Pemasaran produk	Error! Bookmark not defined.
3.1.4. Kondisi Iklim dan Lingkungan	Error! Bookmark not defined.
3.1.5. Ketenagakerjaan	Error! Bookmark not defined.
3.1.6. Perluasan Pabrik	Error! Bookmark not defined.
3.2. Tata Letak Pabrik	Error! Bookmark not defined.
3.3. Luas Pabrik	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	Error! Bookmark not defined.
NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	Error! Bookmark not defined.
4.1. Neraca Massa	Error! Bookmark not defined.
4.1.1. Mixing Tank - 01 (MT - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.2. Mixing Point - 01 (MP - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.3. Reaktor - 01 (R - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.4. Evaporator - 01 (EV - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.5. Kristalizer - 01 (KR - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.6. Filter Press - 01 (FP - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.7. Ultra Filter - 01 (UF - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.8. Belt Conveyor - 03 (BC - 03)	Error! Bookmark not defined.
4.1.9. Rotary Dryer - 01 (RD - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.10. Mixing Point - 02 (MP - 02)	Error! Bookmark not defined.
4.1.11. Nano Filter - 01 (NF - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.1.12. Evaporator - 02 (EV - 02)	Error! Bookmark not defined.
4.1.13. Kristalizer - 02 (KR - 02)	Error! Bookmark not defined.
4.1.14. Filter Press - 02 (FP - 02)	Error! Bookmark not defined.
4.1.15. Ultra Filter - 02 (UF - 02)	Error! Bookmark not defined.
4.1.16. Mixing Point - 04 (MP - 04)	Error! Bookmark not defined.
4.1.17. Mixing Point - 03 (MP - 03)	Error! Bookmark not defined.
4.1.18. Mixing Point - 05 (MP - 05)	Error! Bookmark not defined.
4.1.19. Mixing Tank - 02 (MT - 02)	Error! Bookmark not defined.
4.1.20. TEE - 03	Error! Bookmark not defined.
4.1.21. TEE - 02	Error! Bookmark not defined.
4.1.22. TEE - 01	Error! Bookmark not defined.
4.2. Neraca Panas	Error! Bookmark not defined.
4.2.1. Heater - 01 (H - 01)	Error! Bookmark not defined.
4.2.2. TEE - 01	Error! Bookmark not defined.

4.2.3. TEE - 02	Error! Bookmark not defined.
4.2.4. Mixing Tank - 01 (MT - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.5. Mixing Point - 01 (MP - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.6. Reaktor - 01 (R - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.7. Heater - 02 (H - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.8. Evaporator - 01 (EV - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.9. Cooler - 01 (C - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.10. Kristalizer - 01 (KR - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.11. Filter Press - 01 (FP - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.12. Ultra Filter - 01 (UF - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.13. Belt Conveyor - 03 (BC - 03).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.14. Rotary Dryer - 01 (RD - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.15. Rotary Cooler - 01 (RC - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.16. Mixing Point - 02 (MP - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.17. Nano Filter - 01 (NF - 01).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.18. Heater - 03 (H - 03).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.19. Evaporator - 02 (EV - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.20. Cooler - 02 (C - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.21. Kristalizer - 02 (KR - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.22. Filter Press - 02 (FP - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.23. Ultra Filter - 02 (UF - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.24. Mixing Point - 04 (MP - 04).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.25. Mixing Point - 03 (MP - 03).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.26. Mixing Point - 05 (MP - 05).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.27. Mixing Tank - 02 (MP - 02).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.28. TEE - 03	Error! Bookmark not defined.
4.2.29. Heater - 04 (H - 04).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.30. TEE - 04	Error! Bookmark not defined.
4.2.31. Blower - 01 (BL - 01).....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	Error! Bookmark not defined.
UTILITAS	Error! Bookmark not defined.
5.1. Unit Pengadaan Air	Error! Bookmark not defined.
5.1.1. Air Pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
5.1.2. Air Umpan Boiler.....	Error! Bookmark not defined.
5.1.3. Air Proses	Error! Bookmark not defined.
5.1.4. Air Domestik Pabrik.....	Error! Bookmark not defined.

5.1.5. Air Domestik Perumahan	Error! Bookmark not defined.
5.1.6. Total Kebutuhan Air	Error! Bookmark not defined.
5.1.7. Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Proses (Air Demineral).....	Error! Bookmark not defined.
5.2. Unit Pengadaan Steam	Error! Bookmark not defined.
5.2.1. Saturated Steam 120°C	Error! Bookmark not defined.
5.2.2. Saturated Steam 140°C:	Error! Bookmark not defined.
5.2.3. Saturated Steam 240°C:	Error! Bookmark not defined.
5.2.4. Total Kebutuhan Steam	Error! Bookmark not defined.
5.3. Unit Pengadaan Listrik	Error! Bookmark not defined.
5.3.1. Kebutuhan Listrik Peralatan	Error! Bookmark not defined.
5.3.2. Kebutuhan Listrik Penerangan Area Proses dan Penunjang.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.3. Kebutuhan Listrik Penerangan Area Perkantoran	Error! Bookmark not defined.
5.3.4. Kebutuhan Listrik Penerangan Area Perumahan	Error! Bookmark not defined.
5.3.5. Total Kebutuhan Listrik	Error! Bookmark not defined.
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
5.4.1. Bahan Bakar Boiler	Error! Bookmark not defined.
5.4.2. Bahan Bakar Generator	Error! Bookmark not defined.
BAB VI.....	Error! Bookmark not defined.
SPESIFIKASI PERALATAN	Error! Bookmark not defined.
6.1. Tangki - 01 (T - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.2. Tangki - 02 (T - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.3. Silo - 01 (SL - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.4. Silo - 02 (SL - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.5. Silo - 03 (SL - 03)	Error! Bookmark not defined.
6.6. Mixing Tank - 01 (MT - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.7. Mixing Tank - 02 (MT - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.8. Reaktor - 01 (R - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.9. Kristalizer - 01 (KR - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.10. Kristalizer - 02 (KR - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.11. Filter Press - 01 (FP - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.12. Filter Press - 02 (FP - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.13. Ultra Filter - 01 (UF - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.14. Ultra Filter - 02 (UF - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.15. Nano Filter - 01 (NF - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.16. Evaporator - 01 (EV - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.17. Evaporator - 02 (EV - 02)	Error! Bookmark not defined.
6.18. Rotary Dryer - 01 (RD - 01)	Error! Bookmark not defined.
6.19. Rotary Cooler - 01 (RC - 01)	Error! Bookmark not defined.

6.20. Heater - 01 (H - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.21. Heater - 02 (H - 02).....	Error! Bookmark not defined.
6.22. Heater - 03 (H - 03).....	Error! Bookmark not defined.
6.23. Cooler - 01 (C - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.24. Cooler - 02 (C - 02).....	Error! Bookmark not defined.
6.25. Heater - 04 (H - 04).....	Error! Bookmark not defined.
6.26. Blower - 01 (BL - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.27. Bucket Elevator - 01 (BE - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.28. Bucket Elevator - 02 (BE - 02).....	Error! Bookmark not defined.
6.29. Bucket Elevator - 03 (BE - 03).....	Error! Bookmark not defined.
6.30. Belt Conveyor - 01 (BC - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.31. Belt Conveyor - 02 (BC - 02).....	Error! Bookmark not defined.
6.32. Belt Conveyor - 03 (BC - 03).....	Error! Bookmark not defined.
6.33. Belt Conveyor - 04 (BC - 04).....	Error! Bookmark not defined.
6.34. Belt Conveyor - 05 (BC - 05).....	Error! Bookmark not defined.
6.35. Belt Conveyor - 06 (BC - 06).....	Error! Bookmark not defined.
6.36. Ball Mill - 01 (BM - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.37. Screening - 01 (S - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.38. Pompa - 01 (P - 01).....	Error! Bookmark not defined.
6.39. Pompa - 02 (P - 02).....	Error! Bookmark not defined.
6.40. Pompa - 03 (P - 03).....	Error! Bookmark not defined.
6.41. Pompa - 04 (P - 04).....	Error! Bookmark not defined.
6.42. Pompa - 05 (P - 05).....	Error! Bookmark not defined.
6.43. Pompa - 06 (P - 06).....	Error! Bookmark not defined.
6.44. Pompa - 07 (P - 07).....	Error! Bookmark not defined.
6.45. Pompa - 08 (P - 08).....	Error! Bookmark not defined.
6.46. Pompa - 09 (P - 09).....	Error! Bookmark not defined.
6.47. Pompa - 10 (P - 10).....	Error! Bookmark not defined.
6.48. Pompa - 11 (P - 11).....	Error! Bookmark not defined.
BAB VII	Error! Bookmark not defined.
ORGANISASI PERUSAHAAN	Error! Bookmark not defined.
7.1. Bentuk Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
7.2. Struktur Organisasi	Error! Bookmark not defined.
7.2.1. Organisasi Fungsional	Error! Bookmark not defined.
7.2.2. Organisasi Lini	Error! Bookmark not defined.
7.2.3. Organisasi Garis dan Staf	Error! Bookmark not defined.

7.3. Tugas dan Wewenang	Error! Bookmark not defined.
7.3.1. Dewan Komisaris	Error! Bookmark not defined.
7.3.2. Direktur	Error! Bookmark not defined.
7.3.3. Manajer Teknik dan Produksi	Error! Bookmark not defined.
7.3.4. Manajer Kepegawaian dan Umum	Error! Bookmark not defined.
7.3.5. Manajer Keuangan dan Pemasaran	Error! Bookmark not defined.
7.4. Sistem Kerja	Error! Bookmark not defined.
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan Non-Shift	Error! Bookmark not defined.
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan Shift	Error! Bookmark not defined.
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan	Error! Bookmark not defined.
7.5.1. Direct Operating Labor	Error! Bookmark not defined.
7.5.2. Indirect Operating Labor	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII	Error! Bookmark not defined.
ANALISA EKONOMI	Error! Bookmark not defined.
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	Error! Bookmark not defined.
8.1.1. Total Penjualan Produk	Error! Bookmark not defined.
8.1.2. Perhitungan Annual Cash Flow (ACF)	Error! Bookmark not defined.
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	Error! Bookmark not defined.
8.2.1. Perhitungan Depresiasi	Error! Bookmark not defined.
8.2.2. Lama Pengangsuran Pengembalian Pinjaman	Error! Bookmark not defined.
8.2.3. Pay Out Time (POT)	Error! Bookmark not defined.
8.3. Total Modal Akhir	Error! Bookmark not defined.
8.3.1. Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)	Error! Bookmark not defined.
8.3.2. Total Capital Sink (TCS)	Error! Bookmark not defined.
8.4. Laju Pengembalian Modal	Error! Bookmark not defined.
8.4.1. Rate of Return Investment (ROR)	Error! Bookmark not defined.
8.4.2. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)	Error! Bookmark not defined.
8.5. Break Even Point (BEP)	Error! Bookmark not defined.
8.5.1. Metode Matematis	Error! Bookmark not defined.
BAB IX	Error! Bookmark not defined.
KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Ekspor dan Impor Kalium Sulfat (K_2SO_4)	8
Tabel 2.2. Nilai Rata-Rata Pertumbuhan Ekspor dan Impor.....	9
Tabel 2.3. Perbandingan Proses Pembuatan Kalium Sulfat.....	11
Tabel 3.1. Rincian Area Pabrik.....	21
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas.....	41
Tabel 5.2. Total Kebutuhan Air.....	45
Tabel 5.3. Total Kebutuhan Steam.....	47
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	47
Tabel 5.5. Total Kebutuhan Listrik	49
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Bahan Bakar.....	52
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Shift Kerja Karyawan.....	107
Tabel 7.2. Jumlah Karyawan Indirect Operating Labor.....	109
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk.....	113
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman.....	115
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Peta RTRW Lokasi Pabrik Kalium Sulfat.....	15
Gambar 3.2. Peta RTRW Kabupaten Gresik GIS.....	16
Gambar 3.3. Jarak lokasi pabrik dengan PT Petrokimia.....	17
Gambar 3.4. Jarak Lokasi Pabrik dengan PT Mega Eltra.....	17
Gambar 3.5. Tata Letak Peralatan.....	20
Gambar 3.6. Layout Pabrik.....	20
Gambar 5.1. Diagram Alir Proses Pengolahan Air Laut Menjadi Air Demin.....	46
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	111
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point.....	118

DAFTAR NOTASI

1. Tangki

c	= Tebal korosi maksimum yang diizinkan, in
E	= Efisiensi sambungan, fraksi
f	= Faktor keamanan, %
g	= Percepatan gravitasi, m/s^2
H_f, H_{lh}, H_l	= Tinggi ruang kosong, cairan dalam head, cairan total, m
H_h, H_s, H_t	= Tinggi head, shell, total tangki, m
ID, OD	= Diameter dalam tangki, luar tangki, m
$\dot{m}_l$	= Laju alir massa cairan, kg/jam
P_d	= Tekanan desain, psi
P_o	= Tekanan operasi, atm
r	= Jari-jari dalam tangki, m
S	= Tekanan kerja yang diizinkan, psi
T_o	= Temperatur operasi, $^{\circ}C$
t_h, t_s	= Tebal dinding head, shell, m
V_f, V_l	= Volume ruang kosong, cairan total, m^3
V_h, V_s, V_t	= Volume head, shell, tangki, m^3
ρ_l	= Densitas cairan, kg/m^3

2. Silo

c	= Tebal korosi maksimum yang diizinkan, in
d	= Diameter ujung konis, m
E	= Efisiensi sambungan, fraksi
f	= Faktor keamanan, %
g	= Percepatan gravitasi, m/s^2
H_k, H_s, H_t	= Tinggi konis, shell, total silo, m
ID, OD	= Diameter dalam silo, luar silo, m
$\dot{m}_c$	= Laju alir massa kristal, kg/jam
P_d	= Tekanan desain, psi

P_o	= Tekanan operasi, atm
r	= Jari-jari shell, m
S	= Tekanan kerja yang diizinkan, psi
T_o	= Temperatur operasi, °C
t_k, t_s	= Tebal dinding konis, shell, m
V_c	= Volume kristal, m ³
V_k, V_s, V_t	= Volume konis, shell, total silo, m ³
α	= Angle of repose, °
θ	= Sudut konis, °
ρ_c	= Densitas kristal, kg/m ³

3. Mixing Tank

C	= Jarak dari dasar tangki ke pengaduk, m
c	= Tebal korosi maksimum yang diizinkan, in
D_i, D_t	= Diameter pengaduk, total, m
E	= Efisiensi sambungan, fraksi
e	= Jarak antara baffle dan dinding tangki, m
f	= Faktor keamanan, %
g	= Percepatan gravitasi, m/s ²
H_h, H_s, H_t	= Tinggi head, shell, total tangki, m
H_l	= Tinggi cairan, m
ID, OD	= Diameter dalam tangki, luar tangki, m
L	= Tinggi blade pengaduk, m
$\dot{m}_l, \dot{m}_s$	= Laju alir massa cairan, steam, kg/jam
N	= Kecepatan putaran pengaduk, rpm
n	= Jumlah pengaduk, unit
P	= Daya pengaduk, Hp
P_d	= Tekanan desain, psi
P_h	= Tekanan hidrostatik, Pa
P_o	= Tekanan operasi, atm
Re	= Bilangan reynold
r	= Jari-jari dalam tangki, m
S	= Tekanan kerja yang diizinkan, psi

T_o	= Temperatur operasi, °C
t_h, t_j, t_s	= Tebal dinding head, jaket, dinding shell, m
t_m	= Waktu pencampuran, detik
V_h, V_j, V_s, V_t	= Volume head, jaket, shell, total, m ³
V_l	= Volume cairan, m ³
$\dot{v}_s$	= Laju alir volumetrik steam, m ³ /jam
W	= Lebar blade pengaduk, m
μ_l	= Viskositas cairan, cP
ρ_l, ρ_s	= Densitas cairan, steam, kg/m ³
σ_l	= Tegangan permukaan cairan, N/m

4. Reaktor

C	= Jarak dari dasar tangki ke pengaduk, m
C_A, C_B	= Konsentrasi akhir reaktan A, reaktan B, kmol/m ³
C_{A0}, C_{B0}	= Konsentrasi mula-mula reaktan A, reaktan B, kmol/m ³
c	= Tebal korosi maksimum yang diizinkan, in
D_i, D_t	= Diameter pengaduk, total, m
E	= Efisiensi sambungan, fraksi
E_a	= Energi aktivasi, kcal/mol
e	= Jarak antara baffle dan dinding tangki, m
F_{A0}, F_{B0}	= Jumlah mol mula-mula reaktan A, reaktan B, kmol/jam
g	= Percepatan gravitasi, m/s ²
H_f, H_h, H_s, H_t	= Tinggi ruang kosong, head, shell, total, m
H_l	= Tinggi cairan, m
ID, OD	= Diameter dalam, diameter luar, m
k	= Konstanta laju reaksi, m ³ /kmol.jam
L	= Tinggi blade pengaduk, m
M_A, M_B	= Berat molekul reaktan A, reaktan B, kg/kmol
$\dot{m}_f, \dot{m}_A, \dot{m}_B, \dot{m}_w$	= Laju alir massa umpan, reaktan A, reaktan B, air pendingin, kg/jam
N	= Kecepatan putaran pengaduk, rpm

N_a	= Bilangan avogadro, molekul/mol
n	= Jumlah pengaduk, unit
P	= Daya pengaduk, Hp
P_d	= Tekanan desain, psi
P_h	= Tekanan hidrostatik, Pa
P_o	= Tekanan operasi, atm
R	= Konstanta gas ideal, kcal/mol.K
Re	= Bilangan reynold
r	= Jari-jari dalam reaktor, m
S	= Tekanan kerja yang diizinkan, psi
T_o	= Temperatur operasi, °C
t	= Residence time, jam
t_h, t_j, t_s	= Tebal dinding head, jaket, dinding shell, m
V_h, V_j, V_s, V_t	= Volume head, jaket, shell, total reaktor, m ³
$\dot{v}_f, \dot{v}_A, \dot{v}_B, \dot{v}_w$	= Laju alir volumetrik umpan, reaktan A, reaktan B, air pendingin, m ³ /jam
W	= Lebar blade pengaduk, m
X_A, X_B	= Konversi reaktan A, reaktan B, %
μ_l	= Viskositas cairan, cP
$\rho_A, \rho_B, \rho_f, \rho_w$	= Densitas reaktan A, reaktan B, umpan, air pendingin, kg/m ³
$\sigma_{AB}, \sigma_A, \sigma_B$	= Diameter molekul efektif rata-rata, reaktan A, reaktan B, cm
σ_l	= Tegangan permukaan cairan, N/m
ΔH°_f	= Entalpi pembentukan standar, kJ/mol

5. Kristalizer

B	= Rasio berat solid dan liquid
B°	= Laju nukleasi, jumlah kristal/cm ³ jam
C	= Jarak pengaduk dari dasar vessel, m
c	= Tebal korosi maksimum yang diizinkan, in
D_i, D_t	= Diameter pengaduk, total, m
D_p	= Diameter partikel rata-rata, m

d	= Diameter ujung konis, m
e	= Jarak baffle dari dinding vessel, m
f	= Faktor keamanan, %
f_v	= Shape factor
G	= Laju pertumbuhan kristal, cm/jam
g	= Percepatan gravitasi, m/s^2
H_h, H_k, H_s, H_t	= Tinggi head, konis, shell, total, m
H_l, H_{ls}	= Tinggi cairan, cairan dalam shell, m
ID, OD	= Diameter dalam, luar kristalizer, m
L	= Ukuran kristal, cm
L_{mean}	= Ukuran kristal rata-rata, cm
S	= Tekanan kerja yang diizinkan, psi
s	= Shape factor
$\dot{m}_c, \dot{m}_f, \dot{m}_w$	= Laju alir massa kristal, umpan, air pendingin, kg/jam
N	= Kecepatan putaran pengaduk, rpm
n	= Jumlah pengaduk, unit
n°	= Densitas populasi inti pada saat ukuran kristal
P	= Daya pengaduk, J/s
P_d	= Tekanan desain, psi
P_o	= Tekanan operasi, atm
Re	= Bilangan reynold
r	= Jari-jari shell, m
T_o	= Temperatur operasi, $^\circ C$
t	= jam
t_j, t_s	= Tebal jaket, dinding shell, m
V_h, V_j, V_k, V_s, V_t	= Volume head, jaket, konis, total, m^3
V_l, V_{ls}	= Volume cairan, cairan dalam shell, m^3
ν	= Viskositas kinematik, m^2/s
$\dot{v}_f, \dot{v}_l, \dot{v}_w$	= Laju alir volumetrik umpan, cairan, air pendingin, m^3/jam
$\Delta\rho$	= Selisih densitas, N/m

θ	= Sudut konis, °
μ_f	= Viskositas umpan, cP
$\rho_c, \rho_f, \rho_l, \rho_w$	= Densitas kristal, umpan, cairan, air pendingin, kg/m ³

6. Filter Press

A	= Filter area, m ²
A_p	= Plate filter area, m ²
f	= Faktor keamanan, %
J	= Laju filtrasi, kg/m ² .jam
$\dot{m}_c, \dot{m}_f, \dot{m}_l$	= Laju alir massa cake, umpan, filtrat, kg/jam
P_o	= Tekanan operasi, atm
T_o	= Temperatur operasi, °C
t	= Waktu filtrasi, menit
V	= Volume liquid, m ³
W	= Berat cake kering, kg/m ² .cycle
W_s	= Daya, Hp
ΔP	= Selisih tekanan, atm
ρ_c, ρ_l	= Densitas cake, filtrat, kg/m ³

7. Ultra Filter, Nano Filter

A_p	= Plate filter area, m ²
f	= Faktor keamanan, %
J_v	= Volumetrik fluks, m/jam
P	= Daya, Hp
T_{op}	= Temperatur operasi, °C
t	= Waktu filtrasi, menit
$\dot{m}_f, \dot{m}_p$	= Laju alir massa umpan, permeat, kg/jam
V_t	= Kapasitas filter, m ³ /jam
$\dot{v}_f, \dot{v}_p$	= Laju alir volumetrik umpan, permeat, m ³ /jam
ΔP	= Perbedaan tekanan, bar
ρ_f, ρ_p	= Densitas umpan, permeat, kg/m ³

8. Rotary Dryer, Rotary Cooler

A	= Luas penampang, ft ²
ΔP	= Perubahan tekanan, bar
C_p	= Kapasitas panas udara, kkal/kgC
D	= Diameter rotary, m
F	= Jumlah sayap
G'_a	= Kecepatan superficial udara, lb/jam.ft ²
L	= Panjang rotary, m
L_f	= Panjang flight
LMTD	= Log mean temperature difference, °C
$\dot{m}_a$	= Laju alir massa udara masuk, lb/jam
N	= Kecepatan putaran, m/s
OD	= Diameter total rotary, m
P	= Daya, HP
P_{op}	= Tekanan operasi, atm
Q	= Beban panas, kJ/jam
S_s	= Laju alir area input, kg/jam.m
t	= Tebal dinding rotary, m
t_w	= Temperatur wet bulb, F
T_{fi}, T_{fo}	= Temperatur umpan masuk, keluar, °C
T_{ai}, T_{ao}	= Temperatur udara masuk, keluar, °C
U_d	= Overall heat transfer area, lb/ft ² jam
θ	= Time of retention, jam

9. Cooler, Evaporator, Heater

A	= Area perpindahan panas, ft ²
A_{min}	= Luas permukaan minimum vessel, ft ²
a''	= Tube surface area, ft ² /ft
a_s, a_t	= Flow area per shell, tube, ft ²
B	= Baffle space, in
C'	= Clearance antar tube, in
C_p	= Kapasitas panas, Btu/lb.°F

D	= Diameter minimum vessel, ft
D_e	= Diameter ekuivalen, in
f	= Faktor friksi, ft^2/in^2
G_s, G_t	= Laju alir massa fluida pada shell, tube, lb/jam.ft^2
g	= Percepatan gravitasi
h_i, h_{io}, h_o	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian tube side, dinding tube, shell side, $\text{Btu/jam.ft}^2.^\circ\text{F}$
jH	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, $\text{Btu/ft.}^\circ\text{F}$
L	= Panjang tube, pipa, ft
LMTD	= Log Mean Temperature Difference, $^\circ\text{F}$
N_t	= Jumlah tube
n	= Number of passes
P_t	= Tube pitch, in
Pr	= Bilangan prandtl
$\Delta P_s, \Delta P_t$	= Penurunan tekanan pada shell, tube, Psi
ID	= Diameter dalam, ft
OD	= Diameter luar, ft
Q	= Beban panas, Btu/jam
R_d	= Dirt factor, $\text{Btu/jam.ft}^2.^\circ\text{F}$
Re	= Bilangan reynold
r	= Jari-jari
s	= Specific gravity
T_1, T_2	= Temperatur fluida panas masuk, keluar, $^\circ\text{F}$
T_c, t_c	= Temperatur rata-rata fluida panas, fluida dingin, $^\circ\text{F}$
t_1, t_2	= Temperatur fluida dingin masuk, keluar, $^\circ\text{F}$
t_s	= Tebal dinding shell
U_c, U_D	= Clean overall coefficient, design overall coefficient, $\text{Btu/jam.ft}^2.^\circ\text{F}$
V_h, V_s, V_t	= Volume head, shell, total, ft^3
$\dot{v}_v, \dot{v}_l$	= Laju alir volumetrik uap, ft^3/s
W_1, W_2	= Laju alir massa fluida panas, fluida dingin, lb/jam

Δt	= Perbedaan temperatur antara fluida panas dan dingin, °F
$\Delta t_1, \Delta t_2$	= Selisih temperatur fluida panas dan fluida dingin pada temperatur tinggi, temperatur rendah, °F
μ	= Viskositas, lb/jam.ft

10. Knock Out Drum

$A_{\min}$	= Luas permukaan minimum vessel, ft ²
c	= Tebal korosi maksimum yang diizinkan,
D	= Diameter minimum vessel, ft
E	= Efisiensi sambungan, fraksi
f	= Faktor keamanan, %
H_h, H_l, H_s, H_t	= Tinggi head, cairan, shell, total vessel, ft
H_p	= Tebal mesh pad, ft
H_x, H_y, H_z	= Jarak antara head dan pad, jarak antara pad dan inlet, jarak antara inlet dan tinggi cairan, ft
k	= Design velocity factor
$\dot{m}_l, \dot{m}_v$	= Laju alir massa cairan, uap, lb/s
OD	= Diameter luar vessel, m
P_A	= Tekanan internal maksimum yang diizinkan, psi
P_{op}	= Tekanan operasi, atm
r	= Jari-jari vessel, in
S	= Tegangan maksimum yang diizinkan, psi
T_{op}	= Temperatur operasi, °C
t_s	= Tebal dinding shell, m
$U_{V_{\max}}$	= Kecepatan uap maksimum, ft/s
V_h, V_s, V_t	= Volume head, shell, total vessel, ft ³
$\dot{v}_l, \dot{v}_v$	= Laju alir volumetrik cairan, uap, ft ³ /s
ρ_l, ρ_v	= Densitas cairan, uap, lb/ft ³

11. Pompa

μ	= Viskositas, cp
A	= Area alir pipa, in ²

BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_{i\text{ opt}}$	= Diameter optimum pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
Gpm	= Gallon per menit
$H_{f\text{ suc}}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_{f\text{ dis}}$	= Total friksi pada discharge, ft
H_{fs}	= Skin friction loss
H_{fsuc}	= Total suction friction loss
H_{fc}	= Sudden Contraction Friction Loss (ft lb _m /lb _f)
H_{fe}	= Sudden expansion friction loss (ft lb _m /lb _f)
ID	= Inside diameter pipa, in
K_C, K_S	= Contraction, expansion loss contraction, ft
L	= Panjang pipa, ft
L_e	= Panjang ekuivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{vp}	= Tekanan uap, Psi
Q_f	= Laju alir volumetrik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
ΔP	= Beda tekanan, Psi

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	128
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	170
LAMPIRAN III PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....	228
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI.....	366
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	377

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penduduk Indonesia telah lama bercocok tanam, yang menyebabkan berkurangnya unsur hara dalam tanah. Oleh karena itu, penambahan unsur hara melalui pupuk diperlukan. Salah satu pupuk yang banyak digunakan adalah kalium sulfat (K_2SO_4), namun harganya relatif tinggi karena produksinya di Indonesia masih terbatas. PT Petrokimia Gresik, dengan kapasitas produksi 20.000 ton per tahun, merupakan salah satu produsen K_2SO_4 di Indonesia.

Kalium sulfat tidak hanya digunakan sebagai pupuk, tetapi juga memiliki aplikasi industri. Dalam bentuk garam kasar, K_2SO_4 digunakan sebagai bahan pembuatan kaca. Selain itu, K_2SO_4 digunakan dalam pembuatan bubuk mesiu di bidang artileri sebagai peredam kilat (Shekhar, 2021). K_2SO_4 juga digunakan dalam proses asidifikasi untuk menghasilkan kalium bisulfat ($KHSO_4$) melalui reaksi dengan asam sulfat. Aplikasi lainnya meliputi pembuatan pelumas, pewarna, alternatif soda, pakan ternak, dan piroteknik (Shekhar, 2021).

Pupuk K_2SO_4 mengandung kalium (K) yang sangat dibutuhkan tanah untuk menyuburkan tanaman dan memperkuat struktur tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah rontok. Kalium berfungsi sebagai aktivator enzim dalam metabolisme tanaman (Rosliani dan Basuki, 2013). Selain itu, kalium berperan dalam pembentukan protein dan karbohidrat serta fungsi biologis seperti metabolisme, aktivitas enzim, regulasi osmotik, efisiensi penggunaan air, dan penyerapan nitrogen. Kandungan kalium dalam K_2SO_4 juga berfungsi sebagai herbisida anorganik untuk membunuh gulma (Arief dkk, 2017).

Keunggulan pupuk K_2SO_4 dibandingkan pupuk kalium lainnya terletak pada sifatnya yang tidak higroskopis, sehingga dapat disimpan dalam waktu lama meskipun dalam kondisi udara lembab, serta mudah larut dalam air. Penerapan K_2SO_4 dengan dosis 15-20 gram per tanaman terbukti meningkatkan hasil panen tomat secara optimal (Kiswondo, 2011). Selain itu, K_2SO_4 tidak mengandung klorida, yang dapat berbahaya bagi beberapa jenis tanaman. Oleh karena itu, kalium sulfat sering digunakan pada tanaman seperti tembakau, serta buah dan sayuran yang peka terhadap klorida, terutama jika tanah mengakumulasi klorida

dari air irigasi (UNIDO dan IFDC, 1998). Dengan kandungan kalium mencapai 50%, K_2SO_4 menjadi sumber kalium ideal untuk tanaman yang sensitif terhadap klorida. Unsur S dalam K_2SO_4 berperan penting dalam pembentukan metabolit.

Meskipun pembuatan pupuk K_2SO_4 sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas hasil pertanian, produksi di Indonesia masih terbatas, dengan sebagian besar kebutuhan dipenuhi melalui impor. Permintaan K_2SO_4 cukup tinggi, terutama dari negara agraris seperti Thailand, Vietnam dan Jepang (UN Comtrade, 2023). Oleh karena itu, pendirian pabrik K_2SO_4 di Indonesia diperlukan untuk memenuhi kebutuhan domestik, mengurangi ketergantungan pada impor, dan merencanakan ekspor. Pendirian pabrik juga membuka lapangan kerja baru dan berkontribusi pada peningkatan perekonomian masyarakat.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Kalium sulfat (K_2SO_4) telah dikenal sejak abad ke-14 dan diteliti oleh ilmuwan seperti Glauber, Boyle, dan Tachenius (Ismayanda dan Mulana, 2014). Produksi kalium sulfat pertama kali dilakukan secara tradisional di Amerika Serikat melalui proses "Proses Mannheim", yang juga digunakan di beberapa negara yang memproduksi kalium klorida (KCl) dari sumber garam alami. Dalam Proses ini, kalium klorida bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan kalium sulfat sebagai produk utama dan hidrogen klorida (HCl) sebagai produk samping. Reaksi kimianya adalah sebagai berikut:



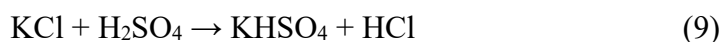
(Wiley-VCH, 2023)

Seiring waktu, metode produksi kalium sulfat terus berkembang. Di Eropa, proses serupa dikenal sebagai "Proses Leblanc", yang menggunakan bahan baku berbeda tetapi menghasilkan produk akhir yang sama. Perkembangan lebih lanjut dalam teknologi manufaktur memungkinkan efisiensi yang lebih tinggi dan penggunaan sumber daya yang lebih berkelanjutan. Saat ini, kalium sulfat banyak digunakan sebagai pupuk dalam sektor pertanian karena mengandung kalium dan sulfur, yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Selain metode tradisional, kini juga digunakan metode sintesis modern seperti proses evaporasi dari larutan garam alam atau proses reaksi antara kalium karbonat dan asam sulfat.

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Kalium Sulfat

1.3.1. Proses Mannheim

Proses Mannheim semula digunakan untuk memproduksi natrium sulfat. Proses ini dilakukan di tungku Mannheim yang berupa bejana silindris yang memiliki 2 ruang bakar, yaitu *combustion chamber* dan *reaction chamber*. Temperatur operasi furnace Mannheim adalah sebesar 600-700°C (Awaliyah, 2022). Reaksi yang terjadi yaitu:

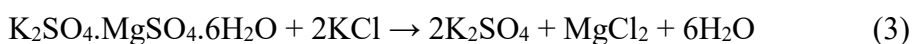
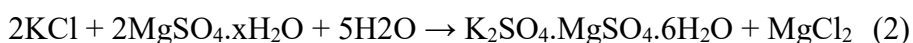


(Wiley-VCH, 2023)

Reaksi tahap pertama bersifat eksotermis dan terjadi pada temperatur yang rendah, sedangkan reaksi tahap kedua bersifat endotermis dan berlangsung pada temperatur 550-600°C. Produk K_2SO_4 selanjutnya didinginkan di cooling drum. Residu H_2SO_4 dinetralkan dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan CaCO_3 sedangkan produk samping HCl yang terbentuk didinginkan di *graphite heat exchanger* dan selanjutnya dilakukan absorpsi 2 tahap dengan air (Awaliyah, 2022).

1.3.2. Proses Dekomposisi KCl dengan MgSO_4

Proses produksi K_2SO_4 melalui dekomposisi KCl dengan MgSO_4 terdiri dari dua tahap konversi, yakni magnesium sulfat bereaksi dengan sylvite (KCl) membentuk schoenite ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) terlebih dahulu membentuk produk akhir yaitu K_2SO_4 . Proses ini menghasilkan yield dari kalium 68% dan yield sulfat 83,7 % (Awaliyah, 2022). Reaksi yang terjadi yaitu:



(Wiley-VCH, 2023)

1.3.3. Proses Dekomposisi KCl dengan Na_2SO_4

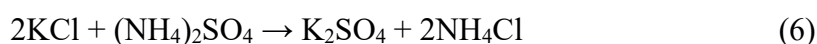
Pembuatan kalium sulfat dari bahan baku kalium klorida (KCl) dan natrium sulfat (Na_2SO_4) dalam reaktor jenis *continuous stirred tank reactor* (CSTR) terjadi 2 reaksi. Reaksi pertama menghasilkan produk intermediat *glaserite* ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{SO}_4$). Selain itu digunakan juga kalium klorida dalam bentuk larutan pada temperatur 20-25°C. Umpan KCl, Na_2SO_4 , dan *recycle mother liquor* yang mengandung kristal glaserite $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{SO}_4$ dan KCl, serta

kondensat hasil kondensasi dari uap evaporator diumpankan ke reaktor. Proses *double stage* sering digunakan dalam industri kimia, biasanya produk yang dihasilkan dalam jumlah yang besar sehingga memakan waktu yang lama (Awaliyah, 2022). Reaksi yang terjadi yaitu:



1.3.4. Proses Dekomposisi KCl dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

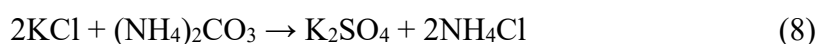
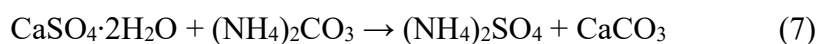
Kalium sulfat dihasilkan dari mereaksikan ammonium sulfat dan kalium klorida pada suhu 30-40°C. Produk berupa *slurry* yang mengandung *double salt* $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dan kemudian direaksikan kembali dengan larutan encer yang mengandung kalium klorida pada suhu sekitar 30°C untuk menghasilkan *slurry* yang mengandung kalium sulfat. *Slurry* dipisahkan pada proses pemisahan padat-cair sehingga didapatkan kristal K_2SO_4 dengan ukuran sekitar 20 – 150 *mesh* (Awaliyah, 2022). Reaksi yang terjadi yaitu:



(Wiley-VCH, 2023)

1.3.5. Proses Dekomposisi KCl dengan CaSO_4

Karakter dasar dari proses ini adalah adanya sistem *recovery multistage* untuk gas amoniak dan KCl, juga produk K_2SO_4 yang dihasilkan akan selalu mengandung amonium sulfat yang sangat dipengaruhi oleh komposisi *mother liquor*. Ada 3 tahapan utama dalam metode proses ini, yaitu: pelarutan gypsum, konversi satu tahap dan siklus amoniak dalam proses (Awaliyah, 2022). Reaksi yang terjadi yaitu:



1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Bahan baku

1. Kalium Klorida

Rumus molekul	: KCl
Berat molekul	: 74,5 g/mol
Wujud	: Kristal (Merc KGaA, 2006)
Warna	: Putih (Merc KGaA, 2006)

<i>Density</i>	: 2,02 g/cm ³ pada 27°C (Yaws, 1999)
<i>Particular size</i>	: 79% <0.5 mm, 20% 1-0.5 mm and 1% 1–2 mm
<i>Specific heat</i>	: 695 J/Kg K (Palik, 1985)
<i>Melting point</i>	: 770°C (Merc KGaA, 2006)
<i>Enthalpy</i>	: -436,68 kJ/mol (NIST, 1966)
<i>Entropy</i>	: 82,55 J/mol K (Zumdahl, 2009)
<i>Boiling point</i>	: 1.413°C pada 1,013 hPa (Merc KGaA, 2006)
Kelarutan	: 355 g/l pada suhu 25oC (Merc KGaA, 2006)

2. Amonium Sulfat

Rumus molekul	: (NH ₄) ₂ SO ₄
Berat molekul	: 132,14 g/mol
Wujud	: Kristal (Patnaik, 2003)
Warna	: Putih (Patnaik, 2003)
<i>Density</i>	: 1,776 g/cm ³ pada 25°C (Haynes, 2016)
<i>Particular size</i>	: 95% < 1 mm, 5% 1-2 mm (Weast, 1984)
<i>Specific heat</i>	: 1130 J/kg.K (Kaye dan Laby, 1995)
<i>Melting point</i>	: 280°C
<i>Enthalpy</i>	: -1177 kJ/mol (Barin, 1989)
<i>Entropy</i>	: 151 J/mol.K (Haynes, 2016)
<i>Boiling point</i>	: 330°C
Kelarutan dalam air	: 78 g/L pada suhu 30°C (Perry ed. 7, hal. 2-9)

1.4.2. Bahan Tambahan

1. Air

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18 g/mol
Wujud	: Cair (<i>liquid</i>) (O'Neil, 2013)
Warna	: Tidak berwarna (Haynes, 2015)
<i>Density</i>	: 1,026 g/ml at 27°C (Yaws, 1999)
Titik didih	: 100°C (Haynes, 2015)
Titik beku	: 0°C (O'Neil, 2013)
Temperatur kritis	: 374,1°C (O'Neil, 2013)
Tekanan kritis	: 218 atm (O'Neil, 2013)

1.4.3. Produk Utama

1. Kalium Sulfat

Rumus molekul	: K_2SO_4
Berat molekul	: 174,25 g/mol
Wujud	: Kristal (Windholtz dan Budavari, 1976)
Warna	: Putih (Weast R.C., 1979)
<i>Density</i>	: 2,66 g/cm ³ (Windholtz dan Budavari, 1976)
<i>Particular size</i>	: 0.1 mm to 0.7 mm (Patel, 2012)
<i>Specific heat</i>	: 157,3 J/mol K (Chase, 1998)
<i>Enthalpy</i>	: -1437,71 kJ/mol (NIST, 1978)
<i>Entropy</i>	: 175,6 J/mol K (Dean, 1990)
<i>Melting point</i>	: 1067 °C (Windholtz dan Budavari, 1976)
<i>Boiling point</i>	: 1689°C (Weast, 1979)
Kelarutan	: 1 g larut dalam 8,3 mL air, 4 mL air didih (Windholtz dan Budavari, 1976)

1.4.4. Produk Samping

1. Amonium Klorida

Rumus molekul	: NH_4Cl
Berat molekul	: 53,5 g/mol
Wujud	: Padat
Warna	: Putih
<i>Density</i>	: 1,53 kg/m ³
<i>Melting point</i>	: 350°C
<i>Boiling point</i>	: 520°C
Kelarutan	: 41,5 g/L pada suhu 30°C (Perry ed. 7, hal. 2-1)

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A., K.L, S. Y., Mubarak, K., Pong, I., & Agung, B. (2017). Penggunaan Pupuk ZA Sebagai Pestisida Anorganik Untuk Meningkatkan Hasil Dan Kualitas Tanaman Tomat Dan Cabai Besar. *Jf Fik Uinam*, 4(3), 73–82.
- Awaliyah, W. P. (2022). *Kalium Sulfat dari Amonium Sulfat dan Kalium Klorida dengan Proses Kristalisasi*. St Pt, Chapter 2 Review, 81–83.
- Chase M.W. (1998). *NIST-JANAF Thermochemical Tables, Fourth Edition*. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, Monograph 9, 1–1951.
- Dean, J. A. (1990). *Lange's Handbook of Chemistry (Standard Thermodynamic Values)*. *Materials and Manufacturing Processes*, 5(4), 687–688.
- Environment Canada. (1985). *Tech Info for Problem Spills: Sodium Sulfate*. 3.
- Haynes, W. M. (2015). *CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition*. CRC Press LLC.
- Ismayanda, M. H., & Mulana, F. (2014). *Studi Pembuatan Pupuk Kalium Sulfat dari Abu Sekam Padi dan Gypsum Alam Menggunakan Reaktor Tangki Berpengaduk*, 10(2), 78–83.
- Kiswondo, S. (2011). *Penggunaan Abu Sekam Dan Pupuk Za Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Tomat (Lycopersicum esculentum Mill)*. Sumiarjo. Embryo, 8(1), 8.
- Merc KGaA. (2006). *Lembaran Data Keselamatan Kalium Klorida*. 1–8.144.
- National Institute of Standards and Technology. 2025. *NIST Chemistry WebBook*.
- O'Neil, M. J. (2013). *The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Royal Society of Chemistry.
- Palik, E. D. (1985). *Potassium chloride (KCl)*. *Handbook of Optical Constants of Solids*, 1, 703–718.
- Patel, D. T., & Patel, L. (2012). Formulation and development strategies for drugs insoluble in gastric fluid. *Int. Res. J. Pharm.*, 3, 106–113.
- Perry, R. H. 2007. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.

- Rosliani, R., & Basuki, R. S. (2013). Pengaruh Varietas, Status K-Tanah, dan Dosis Pupuk Kalium terhadap Pertumbuhan, Hasil Umbi, dan Serapan Hara K Tanaman Bawang Merah. *Jurnal Hortikultura*, 22(3), 233.
- Shekhar, S. (2021). *Potassium Sulfate: Sources, Structure, Properties, Uses*. <https://collegedunia.com/exams/potassium-sulfate-sources-structure-properties-uses-chemistry-articleid-2590>.
- UN Comtrade. (2023). Free access to detailed global trade data. (Online). <https://comtradeplus.un.org/>. (Diakses pada Tanggal 28 November 2022).
- United Nations Industrial Development Organization and International Fertilizer Development Center. (1998). *Fertilizer manual (3rd ed.)*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.
- Weast R.C. (1979). *Handbook of Chemistry and Physics*. 60th ed. Florida: CRC Press Inc.
- Wiley-VCH. (2023). Organic Reactions. <https://www.wiley-vch.de/en/areas-146-interest/natural-sciences/chemistry-11ch/organic-chemistry-11ch8/organic-reactions-volume-52-978-0-471-18395-2>.
- Windholtz M, & Budavari S. (1976). *The Merck Index*. 9th ed. Merck & Co., Inc.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education.
- Zumdahl. (2009). *Chemical Principles*. Mifflin Company.