

# **SKRIPSI**

## **PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON PER TAHUN**



**Megawati Fratiwi**  
NIM 03031381821010  
**Dinda Juwita**  
NIM 03031381821012

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

# **SKRIPSI**

## **PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON PER TAHUN**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia  
pada  
Universitas Sriwijaya



Megawati Fratiwi  
NIM 03031381821010  
Dinda Juwita  
NIM 03031381821012

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

# PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON PER TAHUN

## SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Megawati Fratiwi  
NIM 03031381821010

Dinda Juwita  
NIM 03031381821012

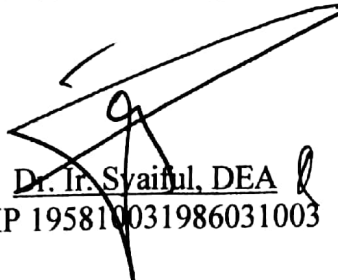
Palembang, Desember 2020

Pembimbing,



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

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Syaiful, DEA  
NIP 195810031986031003

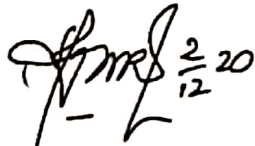
## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas Produksi 20.000 ton per tahun" telah dipertahankan **Megawati Fratiwi dan Dinda Juwita** dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 November 2020

Palembang, November 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA  
NIP. 196010111985032002

 2/12/20 )


2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.  
NIP. 198010312005011003

 28 Nov 2020

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

 23 Nov 2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

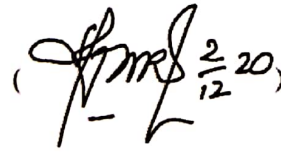
  
Dr. Ir. H. Syariful, DEA  
NIP 195810031986031003

## BERITA ACARA PERBAIKAN LAPORAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas Produksi 20.000 ton per tahun" oleh Megawati Fratiwi dan Dinda Juwita telah diperbaiki sesuai arahan/tugas perbaikan dari Dosen Penguji dan Pembimbing.

Palembang, November 2020

1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA  
NIP. 196010111985032002

(  2/12/20 )

2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.  
NIP. 198010312005011003

(  )  
28 Nov 2020

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

(  )  
23 Nov 2020

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

(  4 Des 2020 )

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

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Megawati Fratiwi  
NIM : 03031381821010  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat  
Kapasitas Produksi 20.000 ton per tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Jurusan Teknik Kimia

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

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

Palembang, Desember 2020



Megawati Fratiwi  
NIM. 03031381821010



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dinda Juwita  
NIM : 03031381821012  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat  
Kapasitas Produksi 20.000 ton per tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Jurusan Teknik Kimia

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

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

Palembang, Desember 2020



Dinda Juwita  
NIM. 03031381821012



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik, dan hidayah-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S. T., M. T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M. T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Desember 2020

Penulis



## RINGKASAN

### PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN KALIUM SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, November 2020

Megawati Fratiwi dan Dinda Juwita;

Dibimbing oleh Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxvi + 427 halaman, 14 tabel, 7 gambar, 5 lampiran

Pabrik pembuatan kalium sulfat dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2025 di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 3,8 Ha. Bahan baku dari pembuatan kalium sulfat ini adalah asam sulfat dan kalium klorida. Proses pembuatan kalium klorida ini mengacu pada WO Patent 2018/052767 A1 dengan mereaksikan asam sulfat dan kalium klorida membentuk kalium bisulfat, dan kalium bisulfat bereaksi kembali dengan kalium klorida membentuk kalium sulfat. Reaktor pertama dan kedua adalah reaktor jenis *continuous stirred tank reactor*. Reaktor pertama beroperasi pada temperatur 80°C dan tekanan 0,412 atm sedangkan reaktor kedua beroperasi pada temperatur 100°C dan tekanan 1 atm.

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 157 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik kalium sulfat layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US \$ 20.360.937,146
- Total Penjualan = US \$ 21.688.291,602
- *Total Production Cost (TPC)* = US \$ 10.651.067,182
- *Annual Cash Flow (ACF)* = US \$ 9.209.299,751
- *Pay Out Time* = 2,00 Tahun
- *Rate Of Return On Investment (ROR)* = 37,945%
- *Net Present Value (NPV)* = US \$ 11.037.224,420
- *Break Even Point (BEP)* = 29,522%
- *Shut Down Point (SDP)* = 21,242%
- *Service Life* = 11 Tahun

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

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERBAIKAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Sifat Fisik dan Kimia .....	2
1.3.1. Bahan Baku .....	2
1.3.2. Bahan Tambahan .....	4
1.3.3. Produk Utama .....	4
1.3.4. Produk Samping .....	5
1.3.5. Produk Intermediet.....	6
1.4. Proses Pembuatan Kalium Sulfat ( $K_2SO_4$ ).....	6
1.4.1. Dekomposisi KCl dengan $CaSO_4$ .....	6
1.4.2. Dekomposisi KCl dengan $MgSO_4$ .....	7
1.4.3. Dekomposisi KCl dengan $(NH_4)_2SO_4$ .....	7
1.4.4. Dekomposisi KCl dengan $Na_2SO_4$ .....	7
1.4.5. Dekomposisi KCl dengan $H_2SO_4$ .....	8
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	9

2.2. Penentuan Kapasitas Produksi.....	9
2.3. Pemilihan Proses .....	12
2.4. Pemilihan Bahan Baku .....	12
2.5. Uraian Proses .....	12
2.5.1. Tahap Persiapan Bahan Baku .....	13
2.5.2. Tahap Reaksi .....	13
2.5.3. Tahap Pemisahan dan Kristalisasi .....	14
2.5.4. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan .....	14
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>17</b>
3.1. Lokasi Pabrik .....	17
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	19
3.1.2. Transportasi dan Pemasaran .....	19
3.1.3. Utilitas .....	20
3.1.4. Tenaga Kerja.....	20
3.1.5. Keadaan Iklim.....	21
3.1.6. Pembuangan Limbah .....	21
3.2. Perkiraan Luas Area .....	21
3.3. Tata Letak Pabrik .....	21
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>27</b>
4.1. Neraca Massa .....	27
4.1.1. Mixing Tank – 01 (MT – 01).....	27
4.1.2. Mixing Point – 01 (MP – 01) .....	27
4.1.3. Mixing Point – 02 (MP – 02) .....	27
4.1.4. Reaktor – 01 (R – 01) .....	28
4.1.5. Reaktor – 02 (R – 02) .....	28
4.1.6. Evaporator – 01 (EV – 01) .....	28
4.1.7. Crystallizer – 01 (CR – 01).....	29
4.1.8. Centrifuge – 01 (CF – 01).....	29
4.1.9. Screw Conveyor – 01 (SC – 01).....	29
4.1.10. Rotary Dryer – 01 (RD – 01).....	30
4.1.11. Mixing Point – 03 (MP – 03) .....	30
4.1.12. Evaporator - 02 (EV – 02) .....	30

4.1.13. Crystallizer – 02 (CR – 02) .....	31
4.1.14. Centrifuge – 02 (CF – 02) .....	31
4.1.15. Screw Conveyor – 02 (SC – 02) .....	31
4.1.16. Mixing Point – 04 (MP – 04) .....	32
4.1.17. Rotary Dryer – 02 (RD – 02) .....	32
4.1.18. Mixing Point – 05 (MP – 05) .....	32
4.1.19. Mixing Point – 06 (MP – 06) .....	33
4.2. Neraca Panas .....	33
4.2.1. Mixing Tank – 01 (MT – 01) .....	33
4.2.2. Mixing Point – 01 (MP – 01) .....	33
4.2.3. Mixing Point – 02 (MP – 02) .....	33
4.2.4. Heater – 01 (H – 01).....	34
4.2.5. Reaktor – 01 (R – 01).....	34
4.2.6. Heater – 02 (H – 02).....	34
4.2.7. Reaktor – 02 (R – 02).....	34
4.2.8. Evaporator – 01 (EV – 01) .....	35
4.2.9. Crystallizer – 01 (CR – 01) .....	35
4.2.10. Centrifuge – 01 (CF – 01) .....	35
4.2.11. Screw Conveyor – 01 (SC – 01) .....	35
4.2.12. Rotary Dryer – 01 (RD – 01) .....	36
4.2.13. Heater – 03 (H – 03).....	36
4.2.14. Mixing Point – 03 (MP – 03) .....	36
4.2.15. Evaporator - 02 (EV – 02).....	36
4.2.16. Crystallizer – 02 (CR – 02) .....	37
4.2.17. Centrifuge – 02 (CF – 02) .....	37
4.2.18. Screw Conveyor – 02 (SC – 02) .....	37
4.2.19. Mixing Point – 04 (MP – 04) .....	37
4.2.20. Rotary Dryer – 02 (RD – 02) .....	37
4.2.21. Heater – 04 (H – 04).....	38
4.2.22. Cooler – 01 (C – 01) .....	38
4.2.23. Mixing Point – 05 (MP – 05) .....	38
4.2.24. Mixing Point – 06 (MP – 06) .....	38

4.2.25. Cooler – 2 (C – 02).....	38
4.2.26. Condensor – 01 (CD-01) .....	39
<b>BAB V UTILITAS .....</b>	<b>40</b>
5.1. Unit Pengolahan Air ( <i>Water Treatment Plant</i> ) .....	40
5.1.1. Air Pendingin .....	42
5.1.2. Air Umpan Boiler .....	44
5.1.3. Air Proses .....	44
5.1.4. Air Domestik .....	44
5.1.5. Total Kebutuhan Air .....	46
5.2. Unit Pengadaan <i>Steam</i> .....	46
5.3.1. <i>Steam</i> Pemanas .....	46
5.3.2. Total Kebutuhan <i>Steam</i> .....	47
5.3. Unit Pengadaan Listrik .....	47
5.3.1. Listrik untuk Peralatan .....	47
5.3.2. Listrik untuk Penerangan.....	48
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik .....	49
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	50
5.4.1. Bahan Bakar Boiler .....	50
5.4.2. Bahan Bakar Keperluan Kenerator.....	52
5.4.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	53
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>54</b>
6.1. Tangki – 01 (T – 01).....	54
6.2. Tangki – 02 (T – 02) .....	54
6.3. Belt Conveyor – 01 (BC – 01) .....	55
6.4. Belt Conveyor – 02 (BC – 02).....	55
6.5. Belt Conveyor – 03 (BC – 03).....	56
6.6. Bucket Elevator – 01 (BE – 01) .....	57
6.7. Bucket Elevator – 02 (BE – 02).....	58
6.8. Bucket Elevator – 03 (BE – 03) .....	59
6.9. Hopper – 01 (H – 01) .....	60
6.10. Hopper – 02 (H – 02) .....	61
6.11. Hopper – 03 (H – 03).....	62

6.12. Mixing Tank – 01 (MT – 01) .....	63
6.13. Reaktor – 01 (R – 01).....	64
6.14. Reaktor – 02 (R – 02).....	65
6.15. Heater – 01 (H – 01).....	66
6.16. Heater – 02 (H – 02).....	67
6.17. Heater – 03 (H – 03).....	68
6.18. Heater – 04 (H – 04).....	69
6.19. Cooler – 01 (C – 01) .....	70
6.20. Cooler – 02 (C – 02) .....	71
6.21. Evaporator – 01 (EV – 01) .....	72
6.22. Evaporator – 02 (EV – 02).....	73
6.23. Crystalizer – 01 (CR – 01) .....	74
6.24. Crystalizer – 01 (CR – 01) .....	74
6.25. Centrifuge – 01 (CF – 01) .....	75
6.26. Centrifuge – 02 (CF – 02) .....	75
6.27. Screw Conveyor – 01 (SC – 01) .....	76
6.28. Screw Conveyor – 02 (SC – 02) .....	76
6.29. Rotary Dryer – 01 (RD – 01) .....	77
6.30. Rotary Dryer – 02 (RD – 02) .....	78
6.31. Kompesor – 01 (K – 01).....	78
6.32. Kompesor – 02 (K – 02).....	79
6.33. Condensor – 01 (CD – 01) .....	80
6.34. Pompa – 01 (P -01) .....	81
6.35. Pompa – 02 (P – 02).....	82
6.36. Pompa – 03 (P – 03).....	83
6.37. Pompa – 04 (P – 04).....	84
6.38. Pompa – 05 (P – 05).....	85
6.39. Pompa – 06 (P – 06).....	86
6.40. Pompa – 07 (P – 07).....	87
6.41. Pompa – 08 (P – 08).....	88
6.42. Pompa – 09 (P – 09).....	89
6.43. Pompa – 10 (P – 10).....	90

6.44. Pompa – 11 (P – 11) .....	91
6.45. Fan– 01 (FN– 01) .....	92
6.46. Fan – 02 (FN – 02) .....	91
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>93</b>
7.1. Struktur Organisasi .....	93
7.2. Manajemen Perusahaan .....	94
7.2.1. Manajer Teknik dan Produksi .....	94
7.2.2. Manajer Keuangan dan Pemasaran .....	94
7.2.3. Manajer Kepegawaian dan Umum .....	94
7.3. Sistem Kerja .....	95
7.3.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	95
7.3.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i> .....	95
7.4. Penentuan Jumlah Pekerja .....	97
7.4.1. <i>Direct Operating Labor</i> .....	97
7.4.2. <i>Indirect Operating Labor</i> .....	98
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>102</b>
8.1. Profitabilitas (Keuntungan) .....	103
8.1.1. Total Penjualan Produk .....	103
8.1.2. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> .....	103
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman .....	104
8.2.1. Perhitungan Depresiasi .....	104
8.2.2. Kemampuan Mengembalikan Modal / Pinjaman .....	105
8.2.3. <i>Pay Out Time</i> (POT).....	106
8.3. Total Modal Akhir .....	106
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project</i> (NPOTLP) .....	106
8.3.2. <i>Total Capital Sink</i> (TCS) .....	108
8.4. <i>Net Present Value</i> .....	108
8.5. Laju Pengembalian Modal.....	109
8.5.1. <i>Rate of Return on Investment</i> (ROR) .....	109
8.5.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR) .....	109
8.6. <i>Shut Down Point</i> (SDP).....	110
8.7. <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	110

8.7.1. Model Matematis .....	110
8.7.2. Metode Grafis .....	111
<b>BAB IX KESIMPULAN</b> .....	<b>114</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>115</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Ekspor K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	10
Tabel 2.2. Data Impor K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	11
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Air.....	46
Tabel 5.2. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 160°C.....	46
Tabel 5.3. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 50°C dan 45°C.....	47
Tabel 5.4. Total Kebutuhan <i>Steam</i> .....	47
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Peralatan .....	47
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Bahan Bakar.....	53
Tabel 7.1. Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i> pada Masing-masing Regu .....	96
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan .....	99
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk .....	103
Tabel 8.2. <i>Sum of Years' Digits Depreciation</i> .....	105
Tabel 8.3. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman .....	105
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	113

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kapasitas Produksi Kebutuhan Ekspor $K_2SO_4$ di Indonesia.....	10
Gambar 2.2. Kapasitas Produksi Kebutuhan Impor $K_2SO_4$ di Indonesia .....	11
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pendirian Pabrik .....	18
Gambar 3.2. Perencanaan <i>Layout</i> Pabrik Pembuatan Kalium Sulfat .....	24
Gambar 3.3. Perencanaan Tata Letak Peralatan Proses .....	25
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	101
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> .....	112

## DAFTAR NOTASI

### 1. TANGKI

C	= Tebal korosi yang diizinkan
Dt	= Diameter tangki, m
E	= Efisiensi penyambungan, dimensionless
f	= Faktor keamanan, %
He	= Tinggi head, m
Hs	= Tinggi silinder, m
Ht	= Tinggi total tangki, m
OD	= Outside diameter, m
P	= Tekanan desain, atm
S	= <i>Working stress</i> yang diizinkan, Psia
T	= Temperatur Operasi, K
t	= Tebal dinding silinder, m
t <sub>h</sub>	= Tebal dinding <i>ellipsoidal head</i> , m
V <sub>h</sub>	= Volume <i>ellipsoidal head</i> , m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	= Volume silinder, m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	= Volume tangki, m <sup>3</sup>
W	= Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	= Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### 2. BELT CONVEYOR

f	= Faktor keamanan, %
W <sub>s</sub>	= Laju alir massa, kg/jam

### 3. HOPPER

C	= Faktor korosi, in
D	= Diameter <i>shell</i> , ft
d	= Diameter ujung konis, ft
E	= <i>Welded joint efficiency</i>
H	= Tinggi silinder, m

$h$	= Tinggi konis, ft
$G$	= Laju Alir Massa, kg/s
$g$	= Percepatan Gravitasi, $m/s^2$
$P$	= Tekanan, psi
$r$	= Jari-jari silinder, in
$S$	= <i>Working Stress</i> yang diizinkan, psi
$T$	= Temperatur, K
$t$	= Tebal tangka, m
$V$	= Volume tangki, $m^3$
$V_k$	= Volume konis, $m^3$
$V_s$	= Volume silinder, $m^3$
$W_s$	= Laju alir massa, kg/jam
$\alpha$	= <i>Angle of repose</i>
$\rho$	= Densitas, $kg/m^3$
$\theta$	= Sudut konis

#### 4. MIXING TANK

$C$	= Tebal korosi yang diizinkan, m
$E$	= Efisiensi pengelasan, dimensionless
$S$	= <i>Working stress</i> yang diizinkan, psi
$D_t$	= Diameter tanki, m
$D_i$	= Diameter pengaduk, m
$H$	= Tinggi liquid, m
$H_i$	= Tinggi pengaduk dari dasar tanki
$H_l$	= Tinggi pengaduk
$J$	= Jarak baffle dari dinding tangka, m
$N$	= Kecepatan putaran pengadu, rps
$L$	= Lebar daun impeller
$P$	= Tekanan desain, psi
$t$	= Tebal tanki, m
$t_h$	= Tebal dinding <i>ellipsoidal head</i> , m
$t_m$	= waktu pengadukan, menit

- $V_s$  = Volume silinder,  $m^3$   
 $V_h$  = Volume *ellipsoidal head*,  $m^3$   
 $W$  = Tinggi blade pengaduk, m  
 $\mu$  = Viscosity, cP  
 $\rho$  = Densitas,  $kg/m^3$

## 5. REAKTOR

- $CA_o$  = konsentrasi awal umpan masuk,  $kmol/m^3$   
 $C$  = Tebal korosi yang dizinkan, in  
 $D_t$  = Diameter silinder, m  
 $E_a$  = Energi aktivasi, kcal/mol  
 $FA_o$  = Laju alir umpan,  $kmol/jam$   
 $H_R$  = Tinggi Reaktor, m  
 $H_L$  = Tinggi Liquid, m  
 $ID$  = Inside Diameter, m  
 $K_B$  = Konstanta Boltzman  
 $k$  = Konstanta laju reaksi,  $m^3/kmol.s$   
 $N$  = Bilangan Avogadro  
 $OD$  = Outside Diameter, m  
 $P$  = Tekanan, atm  
 $Q_f$  = Volumetric Flowrate Umpan  
 $Re$  = Bilangan Reynold  
 $S$  = *Working Stress* yang diizinkan, atm  
 $T$  = Temperatur.  $^{\circ}C$   
 $t$  = Tebal dinding vessel  
 $V_R$  = Volume reaktor,  $m^3$   
 $V_s$  = Volume silinder,  $m^3$   
 $V_h$  = Volume *ellipsoidal head*,  $m^3$   
 $V_j$  = Volume jaket, ,  
 $X$  = Konversi  
 $\rho$  = Densitas,  $kg/m^3$   
 $\sigma$  = Diameter Partikel, cm

## 6. EVAPORATOR

A	= Surface Area, ft <sup>2</sup>
a <sub>a</sub>	= Flow area, ft <sup>2</sup>
C <sub>p</sub>	= kapasitas panas, Btu/lb °F
D	= Diameter vessel, m
D <sub>e</sub>	= <i>Equivalent diameter</i> , ft
G	= Kecepatan massa, lb/h ft <sup>2</sup>
H <sub>t</sub>	= Tinggi vessel total, m
H <sub>e</sub>	= Tinggi <i>ellipsoidal</i> , m
H <sub>s</sub>	= Tinggi silinder, m
h <sub>i</sub>	= <i>Film coefficients of fluids</i> , Btu/h ft <sup>2</sup> °F
h <sub>o</sub>	= <i>Film coefficients of fluids</i> , Btu/h ft <sup>2</sup> °F
L	= <i>Required Length</i>
LMTD	= <i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> , °F
Q	= Beban panas, kJ/jam
Re	= Bilangan Reynold
Pr	= Bilangan Prandalt
t	= tebal dinding vessel, m
t <sub>h</sub>	= Tebal tutup vessel, m
V <sub>s</sub>	= Volume vessel, m <sup>3</sup>
V <sub>h</sub>	= Volume bagian <i>head</i> , m <sup>3</sup>
U <sub>C</sub>	= <i>Clean Overall Coefficient</i> , Btu/h ft <sup>2</sup> °F
U <sub>D</sub>	= <i>Overall design coefficient</i> , Btu/h ft <sup>2</sup> °F
W	= Laju alir massa, kg/jam
μ	= Viskositas, Cp
ρ	= Densitas, lb/ft <sup>3</sup>
ΔF <sub>l</sub>	= <i>Pressure drop on velocity head</i> , ft
ΔF <sub>a</sub>	= <i>Pressure drop of the flowing fluid</i> . Ft
ΔF <sub>p</sub>	= <i>Pressure drop of the flowing fluid</i> , psi
ΔP <sub>a</sub>	= <i>Pressure drop total</i> , psi

## 7. CRYSTALIZER

$B^0$	= Kecepatan nukleasi, cm/jam
C	= Tebal korosi yang diizinkan, in
$D_a$	= Diameter impeller, m
$D_t$	= Diameter tangka, m
E	= Effisiensi penyambung, in
G	= Kecepatan pertumbuhan kristal, cm/s
J	= Lebar baffle, in
$K_T$	= Faktor pengaduk
L	= Ukuran kristal, cm
$M_T$	= Densitas slurry, kg/m <sup>3</sup>
N	= Kecepatan putaran kritis, rps
$N_T$	= Jumlah pengaduk
n	= Populasi kristal
$n^0$	= Populasi nuclei
Q	= Laju alir, m <sup>3</sup> /jam
S	= <i>Working Stress</i> yang diizinkan, psi
t	= Waktu tinggal, jam
$t_h$	= Tebal tutup tangka, m
$t_s$	= Tebal vessel, m
V	= Viskositas kinematic, ft <sup>2</sup> /s
$V_c$	= Volume kristalizer, m <sup>3</sup>
Wb	= Lebar blade, in

## 8. CENTRIFUGE

$D_b$	= Diameter blow, m
n	= Kecepatan putaran, rpm

## 9. SCREW CONVEYOR

$W_s$	= Laju alir massa, kg/jam
f	= Faktor keamanan, %

## 10. ROTARY DRYER

- A = Luas penampang, ft<sup>2</sup>  
B = Konstanta ( $5 D_p^{0.5}$ )  
D = Diameter dryer, m  
F = Laju alir massa solid masuk per satuan luas penampang  
G = Kecepatan *superficial* udara, lb/h ft<sup>2</sup>  
Gs = Jumlah udara yang digunakan, lb/jam  
L = Panjang drier, m  
LMTD = *Logaritmik Mean Temperature Difference*, °F  
mG = Jumlah udara masuk, lb/jam  
G'g = Kecepatan *superficial* udara  
N = Kecepatan putaran, rpm  
P = Power dryer, Hp  
t = tebal dinding rotary dryer, m  
Q = Beban panas rotary drier, Btu/jam  
S = *Slope*/ kemiringan rotary dryer, ft/ft  
θ = waktu tinggal, min

## 11. COOLER, HEATER, CONDENSER

- A = Area perpindahan panas, ft<sup>2</sup>  
C = Clearance antar tube, in  
D = Diameter dalam tube, in  
De = Diameter ekivalen, in  
f = Faktor friksi, ft<sup>2</sup>/in<sup>2</sup>  
Gs = Laju alir massa fluida pada shell, lb/jam.ft<sup>2</sup>  
Gt = Laju alir massa fluida pada tube, lb/jam.ft<sup>2</sup>  
g = Percepatan gravitasi  
h = Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F  
hi, hio = Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube  
jH = Faktor perpindahan panas  
k = Konduktivitas termal, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F  
L = Panjang tube, pipa, ft



LMTD = Logaritmic Mean Temperature Difference, °F  
 Nt = Jumlah tube  
 PT = Tube pitch, in  
 $\Delta P_r$  = Return drop sheel, Psi  
 $\Delta P_s$  = Penurunan tekanan pada shell, Psi  
 $\Delta P_t$  = Penurunan tekanan tube, Psi  
 ID = Inside Diameter, ft  
 OD = Outside Diameter, ft  
 $\Delta P_T$  = Penurunan tekanan total pada tube, Psi  
 Q = Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam  
 Rd = Dirt factor, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F  
 Re = Bilangan Reynold, dimensionless  
 s = Specific gravity  
 t<sub>1</sub>,t<sub>2</sub> = Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F  
 Tc = Temperatur rata-rata fluida panas, °F  
 tc = Temperatur rata-rata fluida dingin, °F  
 U<sub>c</sub> = Clean overall coefficient, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F  
 U<sub>d</sub> = Design overall coefficient, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F  
 W<sub>1</sub> = Laju alir massa fluida panas, lb/jam  
 W<sub>2</sub> = Laju alir massa fluida dingin, lb/jam  
 $\mu$  = Viscositas, cp

## 12. POMPA

A = Area alir pipa, in<sup>2</sup>  
 BHP = Brake Horse Power, HP  
 Di opt = Diameter optimum pipa, in  
 $\varepsilon$  = Equivalent roughness  
 f = Faktor friksi  
 gc = Percepatan gravitasi, ft/s<sup>2</sup>  
 Gpm = Gallon per menit  
 H<sub>ff</sub> = *Fitting dan valve friction loss*, ft lbf/lb  
 H<sub>f</sub> 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 lbf/lbf)  
 $H_{fe}$  = Sudden expansion friction loss (ft lbf/lbf)  
 $ID$  = 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)  
 $NRe$  = Reynold number, dimension less  
 $Q_f$  = Kapasitas pompa, lb/jam  
 $V_d$  = Discharge velocity, ft/jam  
 $V_s$  = *Suction velocity*, ft/jam  
 $V$  = Kecepatan alir  
 $\Delta P$  = Beda tekanan, Psi

### 13. KOMPRESOR

$k$  = Specific heat  
 $P_w$  = Power yang dibutuhkan, Hp  
 $P$  = Tekanan, psi  
 $R_c$  = Ratio  $P_{out}/P_{in}$ , dimensionless  
 $W$  = Laju aliran masuk, kg/jam  
 $\rho$  = Densitas,  $\text{kg/m}^3$

### 14. FAN

$A$  = Luas permukaan blower,  $\text{ft}^2$   
 $D_{opt}$  = Diameter optimum pipa, in  
 $P$  = Tekanan blower, in  $\text{H}_2\text{O}$   
 $Q$  = Debit volumetric,  $\text{ft}^3/\text{jam}$   
 $W_s$  = Laju alir massa, kg/jam  
 $V$  = Kecepatan udara, ft/detik

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA.....</b>	<b>120</b>
<b>LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....</b>	<b>154</b>
<b>LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN.....</b>	<b>210</b>
<b>LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI .....</b>	<b>373</b>
<b>LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....</b>	<b>383</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan pupuk di Indonesia masih cukup besar karena sebagian besar dari penduduk Indonesia berpenghasilan dari usaha pertanian. 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).

Salah satu jenis pupuk yang digunakan adalah pupuk kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) yang harganya relatif mahal, karena produksinya di Indonesia hanya sedikit. Pupuk  $K_2SO_4$  mengandung unsur kalium (K) yang sangat diperlukan oleh tanah untuk membantu menyuburkan tanaman, memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur. Kalium (K) juga memiliki kegunaan untuk membantu pembentukan protein dan karbohidrat serta berperan dalam fungsi biologis seperti metabolisme, aktivitas enzim, regulasi osmotik, efisiensi penggunaan air, serapan unsur nitrogen dan mempunyai peranan dalam meningkatkan ketahanan terhadap penyakit tanaman (McKenzie, 2002). Jenis-jenis pupuk yang mengandung kalium adalah kalium klorida (KCl), kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ), dan kalium nitrat ( $K_2NO_3$ ). Kelebihan pupuk  $K_2SO_4$  dibandingkan dengan pupuk kalium lainnya yaitu bersifat tidak higroskopis sehingga dapat disimpan lama meskipun kelembaban udara tinggi dan mudah larut dalam air. Pupuk  $K_2SO_4$  memiliki kadar kalium yang tinggi hingga 50%, sehingga menjadi sumber unsur kalium yang baik khususnya untuk tanaman yang sensitif terhadap keracunan klorida (Gunadi, 2007). Unsur S juga berperan penting selama proses sintesis metabolisme tanaman termasuk pembentukan metabolik (Kumar dkk., 2010).

Pembuatan pupuk  $K_2SO_4$  masih banyak diperlukan untuk meningkatkan kualitas hasil pertanian, namun produksi di Indonesia masih terbatas dan masih membutuhkan impor. Salah satu usaha yang perlu dilakukan adalah mendirikan pabrik  $K_2SO_4$  untuk meningkatkan produksi dalam negeri serta mengurangi impor,

dapat memperluas lapangan kerja sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat.

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ) telah dikenal sejak awal abad ke-14 dan telah diteliti oleh Glauber, Boyle dan Tachenius. Kalium sulfat pertama kali dibuat secara tradisional di Amerika Serikat yang diberi nama “Mannheim Process” dan digunakan di beberapa negara yang memproduksi KCl dan mempunyai garam-garam dari sumber alamnya. Pada proses ini, Kalium klorida bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan kalium sulfat sebagai produk utama dan HCl sebagai produk samping dengan reaksi sebagai berikut:



Proses lain yang menghasilkan HCl sebagai produk samping adalah proses *hargreaves*. Pada proses tersebut, gas  $SO_2$  panas dari sulfur burner direaksikan dengan uap air dan udara.

## 1.3. Sifat Fisika dan Kimia

### 1.3.1. Bahan Baku

#### 1. Kalium Klorida

##### a. Sifat Fisika

Rumus Molekul	:	KCl
Berat Molekul	:	74,55 g/mol
Rumus Bangun	:	<b>K – Cl</b>
Wujud	:	Kristal
Warna	:	Putih
<i>Density</i>	:	1,987 g/cm <sup>3</sup>
<i>Specific heat</i>	:	693,7 J/kg K
<i>Melting point</i>	:	771°C
<i>Enthalpy</i>	:	-436,7 kJ/mol
<i>Entropy</i>	:	82,55 J/mol K

*Boiling point* : 108,6°C pada 1,013 bar (Titik didih larutan jenuh)

(Schultz, 2012)

b. Sifat Kimia

Kelarutan KCl dalam air pada suhu 30°C adalah 37,2 g / 100 g.

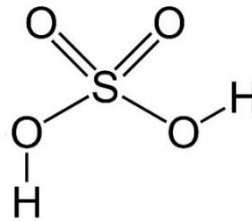
(Schultz, 2012)

2. Asam Sulfat

a. Sifat Fisika

Rumus Molekul : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Rumus Bangun :



Berat Molekul : 98,08 g/mol

Wujud : Liquid

Warna : Tak berwarna

*Density* : 1,8356 g/cm<sup>3</sup>

*Melting point* : 10,4°C

*Latent heat of evaporation* : 605 kJ/kg (pada boiling point)

*Standart Enthalpy* : -8,305 kJ/kg (pada boiling point)

*Boiling point* : 279,6°C (pada 101,3 kPa)

(Muller, 2012)

b. Sifat Kimia

Asam sulfat murni hanya dapat terionisasi sebagian kecil saja, oleh karena itu konduktivitas listrik dari asam sulfat memiliki nilai terendah di 100% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Asam sulfat murni diencerkan dengan air maka disosiasi larutan akan semakin bertambah seperti reaksi di bawah ini:



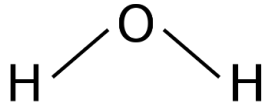
(Muller, 2012)

## 1.3.2. Bahan Tambahan

## 1. Air

Rumus molekul : H<sub>2</sub>O

Rumus Bangun :



Berat molekul : 18 g/mol

Wujud : Liquid

Warna : Tak Berwarna

Titik Didih : 100°C

Titik Beku : 0°C

Temperatur Kritis : 374,1°C

Tekanan Kritis : 218,3 atm

Densitas : 1 g/ml

(Perry's, 2008)

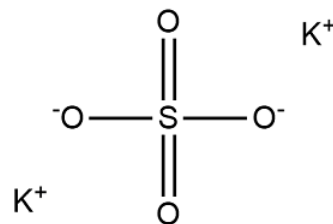
## 1.3.3. Produk Utama

## 1. Kalium Sulfat

## a. Sifat Fisika

Rumus Molekul : K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Rumus Bangun :



Berat Molekul : 174,25 g/mol

Wujud : Kristal

Warna : Putih

Density : 2,662 g/cm<sup>3</sup>

Specific heat capacity, Cp : 752,9 J/kg K

Flash point : 1069°C  
 Enthalpy : -1438 kJ/mol  
 Entropy : 175,6 J/mol K (pada boiling point)  
 Boiling point of the saturated : 101,4°C (24,3g /100g)  
 solution  
 (Schultz, 2012)

b. Sifat Kimia

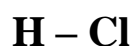
Kelarutan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam air pada suhu 50°C adalah 16,6 g / 100 g.  
 (Schultz, 2012)

1.3.4. Produk Samping

1. Asam Klorida

a. Sifat Fisika

Rumus Molekul : HCl  
 Rumus Bangun :



Berat Molekul : 36,461 g/mol  
 Wujud : Liquid  
 Warna : Tak berwarna  
 Density : 1,187 g/cm<sup>3</sup>  
 Specific heat, Cp : 29,12 J/mol K (298,15 K)  
 Boiling point : 110°C (Azeotrope)  
 Freezing point : -66°C  
 Enthalpy of formation : -92,31 kJ/mol  
 Entropy : 186,78 J/mol K (298,15 K)  
 (Austin, dkk, 2012)

b. Sifat Kimia

Mudah larut dalam pelarut air serta mengeluarkan panas.  
 (Austin, dkk, 2012)

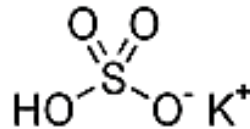


### 1.3.5. Produk Intermediet

#### 1. Kalium Bisulfat

Rumus molekul :  $\text{KHSO}_4$

Rumus Bangun :



Berat molekul : 136,17 g/mol

Wujud : Kristal

Warna : Putih

Titik Didih : dekomposisi  $>300^\circ\text{C}$

Titik Leleh :  $210^\circ\text{C}$

Specific Gravity : 2,35

(Perry's, 2008)

### 1.4. Proses Pembuatan Kalium sulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )

Secara umum terdapat beberapa proses pembuatan kalium sulfat, yaitu:

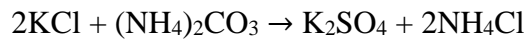
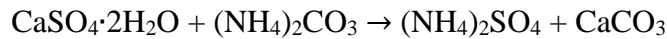
1. Dekomposisi KCl dengan  $\text{CaSO}_4$
2. Dekomposisi KCl dengan  $\text{MgSO}_4$
3. Dekomposisi KCl dengan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
4. Dekomposisi KCl dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
5. Dekomposisi KCl dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Proses Produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $\text{CaSO}_4$

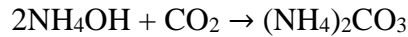
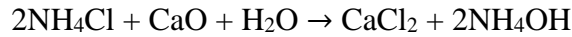
Karakter dasar dari proses ini adalah adanya sistem recovery multistage untuk gas amoniak dan KCl, juga produk  $\text{K}_2\text{SO}_4$  yang dihasilkan akan selalu mengandung amonium sulfat yang sangat dipengaruhi oleh komposisi mother liquor. Ada 3 tahapan utama dalam metode proses ini, yaitu:

- a. Pelarutan gypsum
- b. Konversi satu tahap ( $T = 25^\circ\text{C}$ )
- c. Siklus amoniak dalam proses

Reaksi yang terjadi dalam proses ini antara lain:



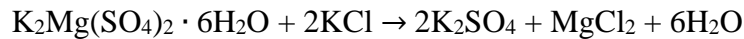
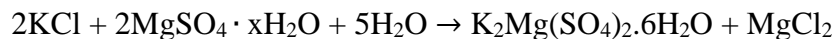
Adapun reaksi samping:



(US Patent 2882128, 1959)

Proses Produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $\text{MgSO}_4$

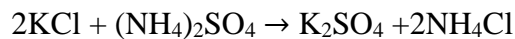
Proses produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $\text{MgSO}_4$  terdiri dari dua tahap konversi, yakni magnesium sulfat bereaksi dengan sylvite (KCl) membentuk schoenite ( $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) terlebih dahulu sebelum membentuk produk akhir yaitu SOP ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). Reaksi yang terjadi adalah:



(US Patent 4,533,536, 1985)

Proses Produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui Dekomposisi KCl dengan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Proses ini memiliki beberapa karakteristik, diantaranya yaitu konversi KCl menjadi pupuk  $\text{K}_2\text{SO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) pada temperatur  $25^\circ\text{C}$ . Rasio  $\text{K}_2\text{O} : \text{N}$  di pupuk dapat divariasikan dari 50 : 1 hingga 40 : 5. Selain itu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan KCl dapat direcover dengan proses kristalisasi dari larutan induk. Semakin rendah kandungan  $\text{NH}_4$  di larutan induk maka semakin besar pula yield produk yang dapat diperoleh. Pada proses ini terdapat lima tahapan reaksi. Reaksi stoikiometri antara KCl dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  adalah:

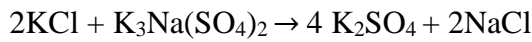
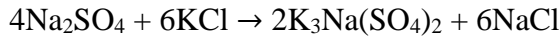


(US Patent 6,315,976, 2001)

Proses Produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Pada proses ini umpan berupa kalium klorida dicampur dengan sodium sulfat dalam reactor jenis *continuous stirred tank reactor* (CSTR) dan ditambahkan

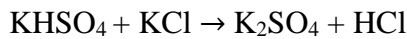
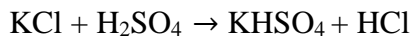
dengan sejumlah air dengan kondisi operasi 100°C. Proses double stage sering digunakan dalam industri kimia, biasanya produk yang dihasilkan dalam jumlah yang besar sehingga memakan waktu yang lama. Reaksi yang terjadi yaitu:



Dengan konversi sebesar 58%, produk yang dihasilkan dari reaktor beserta reaktan yang tidak ikut bereaksi dialirkan menuju evaporator dengan kondisi *triple efek* (tiga evaporator) yang digunakan sebagai pemekatan dengan cara penguapan kandungan air yang terdapat dalam larutan tersebut. Produk samping berupa sodium klorida (NaCl) (US Patent 6,143,271, 2000).

Proses Produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Pada proses produksi  $\text{K}_2\text{SO}_4$  melalui dekomposisi KCl dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  akan menghasilkan produk samping berupa HCl. Reaksi yang terjadi yaitu:



(UK Patent, GB 2,053,881 A, 1981)

Hasil reaksi berbentuk slurry kemudian dipresipitasi menggunakan cooling crystalizer. Cairan sisa reaksi akan dipisahkan menggunakan sentrifugasi. Filtrat yang diperoleh berupa  $\text{K}_2\text{SO}_4$  akan dicuci menggunakan air dan selanjutnya dikeringkan sehingga diperoleh  $\text{K}_2\text{SO}_4$  berbentuk padatan atau granula. HCl dari hasil reaksi akan diproses lebih lanjut untuk menghasilkan HCl dengan konsentrasi 32% w/w (US Patent 4,588,573, 1986)

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, B. E., Sardisco, J. B., dan Drechsel, E. K. 1976. *Manufacture of Potassium Sulfate*. US Patent No 3,998,935.
- Alibaba. 2020. *Harga Asam Sulfat*. (online). <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/sulfuric-acid-98-industrial-grade-h2so4--62012415508.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.5da1229dSu31zd>. (Diakses pada 25 September 2020).
- Alibaba. 2020. *Harga Kalium Klorida*. (Online). [https://indonesian.alibaba.com/product-detail/calcium-chloride-potassium-chloride-kcl-kcl-price-1600090827953.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.26ae408cm1cfGD](https://indonesian.alibaba.com/product-detail/calcium-chloride-potassium-chloride-kcl-kcl-price-1600090827953.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.26ae408cm1cfGD). (Diakses pada 25 September 2020).
- Apple, J. M. 1990. *Tata Letak Pabrik dan Pemindehan Bahan Edisi 3*. (terjemahan Mardiono N. M. T.). Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Arab Potash Company. 2020. *Kalium Klorida*. (online). <http://www.arabpotash.com/Pages/viewpage.aspx?pageID=30>. (Diakses 1 Februari 2020)
- Austin, S., dan Glowacki, A. 2012. *Hydrochloric Acid*. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Germany: John Wiley and Sons, Inc.
- Bank Indonesia. 2020. *Suku Bunga Penjaminan*. (Online). <https://www.bi.go.id/id/Default.aspx>. (Diakses pada Tanggal 25 September 2020).
- Bichara, M., Emile, W., Michel, B. 1985. *Process for The Manufacture of Potassium Sulphate by Treathing Solutions Containing Magnesium Chloride and Potassium Chloride*. US Patent 4,533,536.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Climate Data Organization. 2020. *Climate Gresik*. (Online). <https://www.climate-data.org>. (Diakses pada 1 September 2020).
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Couper, J. R. 2003. *Process Engineering Economics*. New York: CRC Press.
- Daft, R.L. 2010. *Management 9<sup>th</sup> Edition*. Canada: South-Western Cengage Learning.

- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Finkeishtein, L. 2011. *Chemical Process to Produce Hydrogen Chloride and Chloride Free Compound Potassium Sulfate Fertilizer or other Metal Sulfate*. US Patent No 7,887,776 B2.
- Fogler, S. H. 2006. *Element of Chemical Reaction Engineering 4<sup>th</sup> Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3<sup>rd</sup> Edition*. United States of America: Prentice-Hall International.
- Gunadi, N. 2007. Penggunaan kalium sulfat sebagai alternatif sumber pupuk kalium pada tanaman kentang. *Jurnal Hortikultura*. 17(1):52-60.
- Holdengraber, C. Shalom, L. 2000. *Process for Producing Potassium Sulfate from Potash and Sodium Sulfate*. US Patent 6,143,271.
- IEC. 2012. *Water Treatment: Tahap-Tahap Pengolahan Air*. (online). <https://environment-indonesia.com/articles/water-treatment-tahap-tahap-pengolahan-air/>. (Diakses pada 5 Oktober 2020).
- Index Mundi. 2020. *Indonesian Liquefied Natural Gas Monthly Price – US Dollars per Million Metric British Thermal Unit*. (Online). <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=indonesian-liquefied-natural-gas&months=60>. (Diakses pada 1 September 2020).
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Jatimprov.go.id. 2013. *Kabupaten Gresik*. (Online). <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensi-kab-kota-2013/kab-gresik-2013.pdf>. (Diakses pada 1 September 2020).
- Jenkins, S. 2019. *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI): Annual Value* (Online). <https://www.chemengonline.com/2019-cepci-updates-january-prelim-and-december-2018-final/>. (Diakses pada 25 September 2020).
- Jiipe. 2019. *Cluster bersih JIPE di Gresik ditawarkan kepada F&B, perusahaan farmasi*. (Online). <https://www.jiipe.com/id/home/blogDetail/id/4>. (Diakses 5 Oktober 2020).
- Job-like. 2020. *Harga Gaji Karyawan*. (Online). <https://joblike.com/company/4380/salary/>. (Diakses pada 25 September 2020).
- Kementerian PU. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.

- Keputusan Bupati Gresik No:050/351/HK/437.12/2017. *Standar Harga Satuan Barang/Jasa Konstruksi, Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemerintah dan Harga Satuan Bangunan Gedung Negara Kabupaten Gresik Semester I Tahun 2017*. (online). <https://id.scribd.com/document/389199433/HSPK-SEMESTER-I-TAHUN-2017-PDF-pdf>. (Diakses pada 4 Oktober 2020).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kobayashi, K., dan Fukatsu, K. 1981. *Process for Producing Potassium Sulphate*. UK Patent, GB 2,053,881 A.
- Kumar, A., Patro, H. K., and Kewalanand. 2010. *Effect of zinc and sulphur on herb, oil yield, and quality of menthol mint (Mentha arvensis L) var. Kosi*. J. Chem. Pharm. Res. 2(4):642-648.
- Lafont, J. 1959. *Preparation of Potassium Sulphate from Calcium Sulphate and Potassium Chloride*. US Patent 2882128.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Maesaroh, S., Sedyawati, 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 No. 3. ISSN NO 2252-6951.
- Matches Engineering. 2020. *Equipment Cost*. (Online). [www.matche.com](http://www.matche.com). (Diakses pada 25 September 2020).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.
- McKenzie, R. 2001. Potassium Fertilizer Application in Crop Production. Alberta.ca
- Megyesy, E. F. 1972. *Pressure Vessel Handbook 12<sup>th</sup> Edition*. USA: Pressure Vessel Publishing, Inc.
- Miyazaki, N., dan Fujimura, A. 1984. *Method of Manufacturing Potassium Sulfate*. US Patent No 4,436,710.
- Mullin, J. W. 2001. *Crystallization 4<sup>th</sup> Edition*. London. Butterworth-Heinemann.
- Muller, H. 2012. *Sulfuric Acid and Sulfur Trioxide. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Germany: John Wiley and Sons, Inc.
- Newnan, D. G., dan Eschenbach, T. G. 2012. *Engineering Economic Analysis 7<sup>th</sup> Edition*. New York: Oxford University Press, Inc.

- Peraturan Daerah Kabupaten Gresik No. 8 Tahun 2011. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 104 Tahun 2018. Tarif Tenaga Listrik.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 12 Tahun 1998 tentang Perusahaan Perseroan (PERSERO).
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4<sup>th</sup> Edition*. Singapore: McGraw Hill.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D., dan West, R.E. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw Hill.
- Phinmey, R. 2001. *Method of Producing Potassium Sulfate*. US Patent 6,315,976 B1.
- PT Petrokimia Gresik. *Asam Sulfat*. 2020. (Online). <https://petrokimia-gresik.com/product/bahan-kimia>. (Diakses pada 1 Februari 2020).
- Richardson, J. F., Harker, J. H., dan Backhurst, J. R. 2002. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition, Volume 2: Particle Technology & Separation Processes*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Russell, R. S., dan Taylor, B. W. 2011. *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Sardisco, J. B. 1977. *Production of Potassium Sulfate and Hydrogen Chloride*. US Patent No 4,045,543.
- Sebastien, B., dan Didier, L. E. F. 2018. *Method for Producing Potassium Sulfate from Potassium Chloride and Sulfuric Acid*. WO Patent 052767 A1.
- Schultz, H., Bauer, G., Schachl, E., Hagedorn, F., & Schmittinger, P. 2012. *Potassium Compounds*. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Germany: John Wiley and Sons, Inc.
- Sinnott, R., dan Towler, G. 2008. *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. USA: Elsevier Butterworth-Heinemann.

- Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Speight, J. G. 1972. *Lange's Handbook of Chemistry 6<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw Hill Companies, Inc.
- Tang, H., Wang, C. Q., Ming, D. Z., dan Li, Z. X. 2017. *Process of Potassium Chloride and Industrial Sulfuric Preparation of Potassium Bisulfate*. China: Huaxue Gongcheng.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass Transfer Operations 3<sup>rd</sup> Edition*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Ulrich, G. G. 1984 *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. United States of America: John Willey and Sons.
- UN Comtrade. 2020. *Data Ekspor dan Impor Kalium Sulfat dari Tahun 2014-2019*. (online). <https://comtrade.un.org/data/>. (Diakses pada 1 Februari 2020).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1995. *Tentang Perseroan Terbatas*. (Online). <https://www.bphn.go.id/data/documents/95uu001.pdf>. (Diakses pada Tanggal 1 September 2020).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. *Tentang Ketenagakerjaan*. (Online). [http://www.kemenerin.go.id/kompetensi/UU\\_13\\_2003.pdf](http://www.kemenerin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf). (Diakses pada Tanggal 1 September 2020).
- Vilbrandt, F.C. dan Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design, 4th edition*. McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. USA: Butterworth-Heinemann.
- Winkle, M. V. 1967. *Distillation*. United States of America. McGraw Hill, Inc.
- Wignjosoebroto, S. 2009. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Surabaya: Guna Widya.
- Worthington, R. E., Magdics, A., dan Stain, D. B. 1986. *Method for the Production of Potassium Sulfate Using Sulfuric Acid and Potassium Chloride*. US Patent No 4,588,573.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education.
- Yaws, C. L. 2014. *Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbon 2<sup>nd</sup> Edition*. Oxford: Elsevier's Science & Technology.