

**SKRIPSI**  
**PRA RANCANGAN PABRIK AMONIUM SULFAT DARI**  
**LIMBAH FOSFOGIPSUM DAN AMONIA DENGAN KAPASITAS**  
**PRODUKSI 400.000 TON/TAHUN**



**PUTRI SAKINATU R**

**2310017411034**

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada*  
*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**PADANG**

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

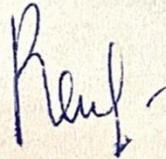
**PRA RANCANGAN PABRIK AMONIUM SULFAT DARI  
LIMBAH FOSFOGIPSUM DAN AMONIA DENGAN KAPASITAS  
PRODUKSI 400.000 TON/TAHUN**

Oleh:

**PUTRI SAKINATU RAMADHAN**  
2310017411034

Disetujui oleh :

Pembimbing



Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T

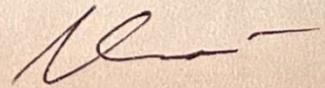
Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri  
Dekan



Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T

Jurusan Teknik Kimia  
Ketua



Dr. Maria Ulfah, S.T., MT

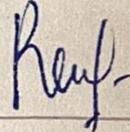
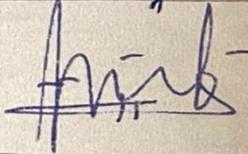
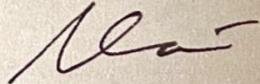
**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI  
SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK AMONIUM SULFAT DARI  
LIMBAH FOSFOGIPSUM DAN AMONIA DENGAN KAPASITAS  
PRODUKSI 400.000 TON/TAHUN**

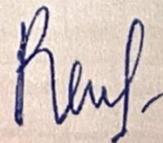
Oleh:

**PUTRI SAKINATU RAMADHAN**  
2310017411034

**Sidang Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi  
Industri Universitas Bung Hatta dengan Tim Penguji :**

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Pembimbing	Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T	
Penguji I	Dr. Firdaus, S.T., MT	
Penguji II	Dr. Maria Ulfah, S.T., MT	

Pembimbing



Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Amonium Sulfat dari Limbah Fosfogipsum dan Amonia dengan Kapasitas 400.000 Ton/Tahun. Tugas akhir ini disusun dengan kerja keras penulis dan pihak-pihak yang turut berperan di dalamnya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua, dan adik penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, kasih sayang, nasehat, dan doa untuk kelancaran penulis dalam pembuatan proposal tugas akhir.
2. Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta dan Pembimbing Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia.
4. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk kelancaran pembuatan tugas akhir ini.
5. Kepada kedua orang tua yang telah memberikan do'a serta dukungan dalam segi apapun sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia yang telah memberikan berbagai macam pengalaman baik maupun buruk yang membuat penulis menjadi orang yang kuat hingga sekarang.

Penulis menyadari tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak terkait.

Padang, 8 Agustus 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kapasitas .....	2
1.3 Lokasi Pabrik .....	7
<b>BAB II TINJAUAN TEORI.....</b>	<b>11</b>
2.1 Tinjauan Umum.....	11
2.1.1 Amonium Sulfat .....	11
2.1.2 Limbah Fosfogypsum.....	11
2.2 Tinjauan Proses .....	14
2.3 Pemilihan Proses .....	21
2.4 Sifat Fisik dan Kimia Bahan .....	23
2.5 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	28
<b>BAB III TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES .....</b>	<b>30</b>
3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram .....	30
3.2 Deskripsi Proses .....	30
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....</b>	<b>34</b>
4.1 Neraca Massa .....	34
4.2 Neraca Energi .....	44
<b>BAB V UTILITAS.....</b>	<b>56</b>
5.1 Unit Penyediaan Listrik .....	59
5.2 Unit Penyediaan Air.....	57
5.3 Unit Penyedia Udara Instrumen.....	67
5.4 Unit Pembangkit Steam .....	67

5.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	68
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>69</b>
6.1 Spesifikasi Peralatan Utama .....	69
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	85
<b>BAB VII TATA LETAK DAN K3LH.....</b>	<b>98</b>
7.1 Tata Letak Pabrik.....	98
7.2 Bahaya ( <i>Hazard</i> ).....	101
7.3 Kesehatan dan Keselamatan kerja Lingkungan Hidup .....	109
<b>BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN.....</b>	<b>116</b>
8.1 Bentuk Perusahaan.....	116
8.2 Struktur Organisasi .....	117
8.3 Tugas dan Wewenang.....	118
8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	122
8.5 Sistem Kerja.....	123
8.6 Jumlah Karyawan.....	123
8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	125
<b>BAB IX ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>126</b>
9.1 Total Capital Ivestmesnt .....	127
9.2 Biaya Produksi (Total Production Cost) .....	128
9.3 Harga Jual (Total Sales).....	130
9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	130
<b>BAB X TUGAS KHUSUS .....</b>	<b>132</b>
10.1 Pendahuluan.....	132
10.2 Ruang lingkup rancangan .....	132
10.3 Rancangan.....	133
<b>BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>155</b>
11.1 Kesimpulan .....	164
11.2 Saran .....	165
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>166</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Data Persebaran Bahan Baku Limbah Fosfogypsum .....	3
<b>Tabel 1.2</b> Data Produsen Bahan Baku Ammonia di Indonesia .....	3
<b>Tabel 1.3</b> Data Produsen Bahan Baku CO <sub>2</sub> di Indonesia .....	3
<b>Tabel 1.4</b> Data Impor dan Eskpor Amonium Sulfat (Pupuk ZA).....	4
<b>Tabel 1.5</b> Data Konsumsi Ammonium Sulfat di Indonesia.....	4
<b>Tabel 1.6</b> Nama Pabrik Ammonium Sulfat di Indonesia .....	6
<b>Tabel 1.7</b> Analisis SWOT Lokasi Pabrik di Satimpo, Kalimantan Timur .....	7
<b>Tabel 1.8</b> Analisis SWOT Lokasi Pabrik Jetagiri, Jawa Timur .....	9
<b>Tabel 1.9</b> Analisis SWOT Lokasi Pabrik Palembang .....	11
<b>Tabel 2.1</b> Pemilihan Proses .....	22
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisika Fosfogypsum.....	23
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Fisika Amonia.....	24
<b>Tabel 2.4</b> Sifat Fisika Karbondioksida .....	25
<b>Tabel 2.5</b> Sifat Fisika Asam Sulfat.....	26
<b>Tabel 2.6</b> Sifat Fisika Amonium Sulfat.....	27
<b>Tabel 2.7</b> Sifat Fisika Kalsium Karbonat .....	28
<b>Tabel 2.8</b> Spesifikasi Bahan Baku Limbah <i>phosphogypsum</i> .....	28
<b>Tabel 2.9</b> Spesifikasi Bahan Baku Amoniak.....	28
<b>Tabel 2.10</b> Spesifikasi Bahan Baku Karbondioksida .....	29
<b>Tabel 2.11</b> Spesifikasi Bahan Baku Asam sulfat.....	29
<b>Tabel 2.12</b> Spesifikasi Amonium Sulfat.....	29
<b>Tabel 2.13</b> Spesifikasi CaCO <sub>3</sub> .....	29
<b>Tabel 4.1</b> Kandungan Fosfogypsum.....	34
<b>Tabel 4.2</b> Spesifikasi Amonia.....	34
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> 1 (M-1021).....	36

<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa <i>Mixing Tank 2</i> (M-1022).....	37
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa <i>Absorber</i> (AB-2032).....	37
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa <i>Scrubber</i> (SB-2061).....	38
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa Reaktor 1 (R-2031).....	39
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa <i>Rotary Vacuum Filter</i> (RV-2051).....	40
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa Reaktor 2 (R-2051).....	41
<b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa Evaporator (EV-3071).....	42
<b>Tabel 4.11</b> Neraca Massa Evaporator (EV-3072).....	42
<b>Tabel 4.12</b> Neraca Massa Evaporator (EV-3073).....	42
<b>Tabel 4.13</b> Neraca Massa Kristalizer (K-3062).....	43
<b>Tabel 4.15</b> Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-3091).....	43
<b>Tabel 4.16</b> Neraca Energi <i>Mixing Tank 1</i> (M-1021).....	44
<b>Tabel 4.17</b> Neraca Energi <i>Mixing Tank 2</i> (M-1022).....	45
<b>Tabel 4.18</b> Neraca Energi <i>Absorber</i> (AB-2032).....	46
<b>Tabel 4.19</b> Neraca Energi <i>Scrubber</i> (SB-2061).....	47
<b>Tabel 4.20</b> Neraca Energi Reaktor 1 (R-2031).....	48
<b>Tabel 4.21</b> Neraca Energi Rotary Vacuum Filter (RV-2051).....	49
<b>Tabel 4.22</b> Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-2121).....	50
<b>Tabel 4.23</b> Neraca Energi Reaktor 2 (R-2051).....	50
<b>Tabel 4.24</b> Neraca Energi <i>Evaporator</i> (EV-3071 s/d EV-3072).....	51
<b>Tabel 4.25</b> Neraca Energi <i>Kristalizer</i> (K-3062).....	52
<b>Tabel 4.26</b> Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-2122).....	53
<b>Tabel 4.27</b> Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD-3091).....	54
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Listrik.....	55
<b>Tabel 5.2</b> Kebutuhan Air Sanitasi.....	58
<b>Tabel 5.3</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	59
<b>Tabel 5.4</b> Kebutuhan <i>Steam</i> .....	60

<b>Tabel 6.1</b> Spesifikasi <i>Warehouse</i> fosfogipsum .....	65
<b>Tabel 6.2</b> Spesifikasi <i>Warehouse</i> CaO .....	66
<b>Tabel 6.3</b> Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> .....	66
<b>Tabel 6.4</b> Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> .....	67
<b>Tabel 6.5</b> Spesifikasi Pompa .....	68
<b>Tabel 6.6</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	69
<b>Tabel 6.7</b> Spesifikasi <i>Wash Tank</i> .....	70
<b>Tabel 6.8</b> Spesifikasi Absorber.....	70
<b>Tabel 6.9</b> Spesifikasi Reaktor Berpengaduk .....	71
<b>Tabel 6.10</b> Spesifikasi <i>Scrubber</i> .....	73
<b>Tabel 6.11</b> Spesifikasi <i>Rotary Vacuum Filter</i> .....	74
<b>Tabel 6.12</b> Spesifikasi <i>Acid Storage Tank</i> .....	75
<b>Tabel 6.13</b> Spesifikasi Evaporator.....	75
<b>Tabel 6.14</b> Spesifikasi <i>Prilling Tower</i> .....	76
<b>Tabel 6.15</b> Spesifikasi <i>Centrifuge</i> .....	77
<b>Tabel 6.16</b> Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> .....	77
<b>Tabel 6.17</b> Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....	78
<b>Tabel 6.18</b> Spesifikasi <i>Heater</i> .....	80
<b>Tabel 6.19</b> Spesifikasi <i>Screener</i> .....	81
<b>Tabel 6.20</b> Spesifikasi Pompa Air Laut.....	81
<b>Tabel 6.21</b> Spesifikasi Tangki Mixer Klorinasi .....	82
<b>Tabel 6.22</b> Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOCl .....	82
<b>Tabel 6.23</b> Spesifikasi <i>Cadridge Filter Vertical</i> .....	83
<b>Tabel 6.24</b> Spesifikasi Membran <i>Reverse Osmosis</i> .....	84
<b>Tabel 6.25</b> Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit.....	85
<b>Tabel 6.26</b> Spesifikasi Bak Penampung Air Sanitasi .....	85
<b>Tabel 6.30</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	86

<b>Tabel 6.31</b> Spesifikasi Bak <i>Denim Water</i> .....	87
<b>Tabel 6.32</b> Spesifikasi Tanki <i>Deaerator</i> .....	88
<b>Tabel 6.33</b> Spesifikasi Boiler .....	89
<b>Tabel 7.1</b> Hazard pada Alat Industri.....	95
<b>Tabel 7.2</b> Penilaian Peluang Terjadinya Bahaya.....	99
<b>Tabel 7.3</b> Akibat dan Tingkat Keparahan.....	99
<b>Tabel 7.4</b> Matriks Resiko .....	100
<b>Tabel 7.5</b> Penilaian Tingkat Resiko.....	100
<b>Tabel 7.6</b> Macam-Macam Alat Pelindung Diri .....	103
<b>Tabel 8.1</b> Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i> .....	115
<b>Tabel 8.2</b> Karyawan <i>Non Shift</i> .....	116
<b>Tabel 8.3</b> Karyawan <i>Shift</i> .....	116
<b>Tabel 9.1</b> <i>Total Capital Investment</i> .....	120
<b>Tabel 9.2</b> Biaya Komponen <i>Manufacturing Cost</i> .....	121
<b>Tabel 9.3</b> Perhitungan Laba Kotor dan Laba Bersih .....	122

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Lokasi Pabrik I.....	7
<b>Gambar 1.2</b> Lokasi Pabrik II.....	9
<b>Gambar 1.3</b> Lokasi Pabrik III.....	10
<b>Gambar 2.1</b> Struktur Amonium Sulfat .....	12
<b>Gambar 2.2</b> Blok Diagram Proses De Nora (Naturalisasi).....	15
<b>Gambar 2.3</b> Blok Diagram Proses Merseburg.....	18
<b>Gambar 2.4</b> Blok Diagram Proses Sintesis <i>Caprolactum</i> .....	20
<b>Gambar 3.1</b> Blok Diagram Pembuatan Pupuk ZA dari Limbah <i>Phosphogypsum</i> dan Ammonia .....	31
<b>Gambar 3.2</b> <i>Flowsheet</i> proses Pembuatan pupuk ZA dari limbah <i>phosphogypsum</i> dan ammonia dengan Metode Merseburg.....	32
<b>Gambar 5.1</b> <i>Flowsheet</i> Utilitas Pra Rancangan Pabrik Amonium Sulfat dari Limbah Fosfogypsum dan Amonia.....	57
<b>Gambar 7.1</b> Tata letak Pabrik Amonium Sulfat dari Atas.....	101
<b>Gambar 8.1</b> Struktur Organisasi .....	118
<b>Gambar 9.1</b> Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	123

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pupuk ZA (*Zwavelzure Amoniak*) atau dikenal juga sebagai amonium sulfat, merupakan pupuk kimia penting yang kaya akan kandungan nitrogen dan belerang, dua unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman. Amonium sulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) berperan krusial dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen, sekaligus memperbaiki kondisi tanah. Dalam lima tahun terakhir, permintaan pupuk ZA di Indonesia terus mengalami peningkatan. Penggunaan pupuk ZA tersebar di berbagai sektor industri, dengan rincian: pertanian (38%), industri kimia (32%), industri makanan (18%), dan sektor lainnya (12%). Tingginya permintaan pasar terhadap pupuk ZA mendorong peningkatan produksi dalam negeri. Akan tetapi, saat ini Indonesia baru mampu memenuhi separuh dari kebutuhan pupuk ZA domestik. Data Badan Pusat Statistik (2023) mencatat tren impor pupuk ZA di Indonesia mencapai 59,91%, menandakan ketergantungan yang signifikan pada impor (Burhan, 2011).

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satu solusi adalah dengan memanfaatkan limbah fosfogipsum, yang dihasilkan dari proses produksi asam fosfat. Fosfogipsum ini tersedia dalam jumlah besar di pabrik-pabrik penghasil asam sulfat, seperti PT. Petrokimia Gresik. Pemanfaatan limbah fosfogipsum menjadi pupuk ZA menawarkan potensi bisnis yang menguntungkan, dengan potensi keuntungan hingga tiga kali lipat dari harga bahan baku. Saat ini, PT. Petrokimia Gresik merupakan satu-satunya pabrik di Indonesia yang mengolah limbah fosfogipsum menjadi pupuk ZA dengan kapasitas produksi mencapai 750.000 ton per tahun (Gresik, *Production Capacity*, 2021). Proses produksi pupuk ZA menggunakan bahan baku utama limbah fosfogipsum, amonia, asam sulfat, dan  $\text{CO}_2$ . Keberadaan pabrik yang menghasilkan limbah fosfogipsum, amonia, dan asam sulfat di satu lokasi, yaitu di Pulau Jawa khususnya PT. Petrokimia Gresik, memberikan keuntungan dalam hal ketersediaan bahan baku. Teknologi yang digunakan untuk memproduksi pupuk ZA adalah metode Merseburg, yang pertama kali dikembangkan oleh *Carl Bosch* dan *Friedrich*

*Bergius* pada tahun 1918 dan telah dimodifikasi agar limbah pabrik diolah kembali sehingga ramah lingkungan pada tahun 2015.

Rancangan pabrik pupuk ZA menggunakan proses Merseburg dengan bahan baku utama amonia,  $\text{CO}_2$ , dan limbah fosfogipsum. Proses produksi meliputi beberapa tahapan utama, mulai dari pengolahan bahan baku, reaksi pembentukan produk, hingga pemurnian produk ZA yang dihasilkan yaitu, tahap karbonasi, tahap reaksi, tahap filtrasi, tahap netralisasi, tahap evaporasi dan kristalisasi, tahap pengeringan (drying), serta tahap pengemasan. Metode Merseburg merupakan satu-satunya metode yang efektif untuk mengolah limbah fosfogipsum menjadi amonium sulfat (pupuk ZA). Berdasarkan tingginya kebutuhan pupuk ZA dan volume impor yang besar, pengembangan industri pabrik amonium sulfat (pupuk ZA) di Indonesia dengan bahan baku limbah fosfogipsum dinilai layak untuk didirikan karena dapat memenuhi kebutuhan pupuk ZA dalam negeri, mengurangi ketergantungan pada impor, serta memberikan peluang bagi Indonesia untuk menjadi salah satu produsen pupuk ZA di pasar global. Selain itu, pembangunan pabrik pupuk ZA juga berpotensi membuka lapangan pekerjaan baru yang dapat membantu mengurangi angka pengangguran serta meningkatkan perekonomian di Indonesia.

## **1.2 Kapasitas Pabrik**

Pada penentuan kapasitas untuk pabrik ammonium sulfat dari limbah fosfogipsum terdapat beberapa faktor yang dipertimbangkan. Pertimbangan ini meliputi ketersediaan bahan baku, kebutuhan pasar baik ekspor maupun impor, dan kapasitas minimum pabrik yang telah ada.

### **1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku**

Pada perancangan pabrik ammonium sulfat ini terdapat tiga bahan baku yang digunakan yaitu limbah fosfogipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Bahan baku tersebut sudah diproduksi di Indonesia sehingga kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi secara berkelanjutan. Bahan baku limbah fosfogipsum dapat diambil dari pabrik asam fosfat, yang data persebarannya dapat dilihat pada **Tabel 1.1**

**Tabel 1.1** Data Persebaran Bahan Baku Limbah Fosfogipsum

No	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT. Pupuk Sriwijaya	Palembang	200.000
2	PT. Pupuk Petrocentral	Cikampek	120.000
3	PT. Pupuk Kaltim	Bontang	200.000
4	PT. Petro Jordan Abadi	Bontang	200.000
5	PT. Petrokimia Gresik	Gresik	400.000

**Sumber :** Pupuk Indonesia (2024)

Adapun data produsen bahan baku ammonia di Indonesia dapat dilihat pada

**Tabel 1.2****Tabel 1.2** Data Produsen Bahan Baku Ammonia di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	PT Pupuk Sriwijaya	Palembang	1.335.000
2.	PT Pupuk Kujang	Cikampek	660.000
3.	PT Pupuk Kaltim	Bontang	485.000
4.	PT Kaltim Parna Industri	Bontang	500.000
5.	PT Pupuk Iskandar Muda	Aceh Utara	726.000
6.	PT Petrokimia Gresik	Gresik	1.105.000

**Sumber:** kemenperin.go.id (2024)

Kebutuhan bahan baku CO<sub>2</sub> dapat diperoleh dari pabrik penyedia CO<sub>2</sub> cair maupun hasil sampingan pabrik pupuk di Indonesia, yang dapat dilihat pada **Tabel**

**1.3****Tabel 1.3** Data Produsen Bahan Baku CO<sub>2</sub> di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	PT Petro Oxo Nusantara	Gresik	33.000
2.	PT Pupuk Kujang	Cikampek	50.000
3.	PT Molindo Inti Gas	Malang	17.632

**Sumber:** kemenperin.go.id (2024)

### 1.2.2 Kebutuhan Pasar

Kebutuhan ammonium sulfat atau pupuk ZA sangat dibutuhkan di sektor pertanian. Hal ini mengakibatkan kebutuhan impor dari luar negeri dapat ditutupi

dengan pemanfaatan limbah fosfogipsum menjadi ammonium sulfat. Data impor amonium sulfat dapat dilihat pada **Tabel 1.4**

**Tabel 1.4** Data Impor dan Eskpor Amonium Sulfat (Pupuk ZA)

Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan impor (%)	Ekspor (ton/tahun)	Pertumbuhan ekspor (%)
2019	1.067.577	0	1820	-
2020	986.750	50,4	1114	1,92
2021	1.200.781	1,41	2452	8,09
2022	642.986	2,58	488	1,86
2023	698.985	5,68	464	38,23
Rata-rata		12,02		12,53

**Sumber :** Badan Pusat Statistika (2024)

Data konsumsi ammonium sulfat di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 1.5**

**Tabel 1.5** Data Konsumsi Ammonium Sulfat di Indonesia

Tahun	Jumlah Konsumen (ton/tahun)	Pertumbuhan Konsumsi (%)
2019	633.209	-
2020	721.323	13,92
2021	825.245	14,41
2022	927.168	12,35
2023	975.429	5,21
Rata-rata		0,09

**Sumber:** Badan Pusat Statistika (2024)

Pabrik ammonium sulfat direncanakanakan berdiri pada tahun 2030. Untuk perencanaan ini, digunakan data impor dari tahun 2019 hingga 2023, sehingga estimasi penggunaan amonium sulfat pada tahun 2030 dapat dihitung dengan rumus neraca peluang kapasitas,

$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \dots\dots\dots(1.1)$	Maka,
$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \dots\dots(1.2)$	Estimasi nilai ekspor tahun 2030 :
Dimana:	$m_1 = P (1 + i)^n$
$m_1 =$ nilai impor pada tahun 2030 (ton/tahun)	$= 698.985 (1 + (-0,0474))^6$
$m_2 =$ produksi pabrik dalam negeri	$= 522.235,377$ ton/tahun
	Estimasi nilai ekspor tahun 2030 :

(ton/tahun)	$m_4 = P (1 + i)^n$
$m_3 =$ kapasitas pabrik yang akan didirikan (ton/tahun)	$= 464 (1 + (0,00739))^6$ $= 443,77$ ton/tahun
$m_4 =$ nilai ekspor pada tahun 2030 (ton/tahun)	Estimasi nilai produksi dalam negeri tahun 2030: $m_2 = P (1 + i)^n$ $= 767.853 (1 + 0,12)^6$ $= 1.516.907,09$ ton/tahun
$m_5 =$ nilai konsumsi dalam negeri tahun 2030 (ton/tahun)	Estimasi nilai konsumsi dalam negeri tahun 2030 : $m_5 = P (1 + i)^n$ $= 975.429 (1 + 0,09)^6$ $= 1.651.776,65$ ton/tahun
Estimasi nilai impor pada tahun 2030: $m = P (1 + i)^n$ .....(1.3)	
Dimana:	
$m =$ jumlah impor pada tahun 2030	
$P =$ jumlah impor pada tahun 2025	
$i =$ rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)	
$n =$ jangka waktu pabrik berdiri (2025-2030) = 5 tahun	

Dari hasil tersebut, kapasitas pabrik amonium sulfat yang menggunakan amonia dan asam sulfat pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan (1.2). Dengan demikian, kapasitas pabrik yang direncanakan untuk tahun 2030 adalah:

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (2.039.142,47) - (1.652.220,47)$$

$$m_3 = 386.922,03 \text{ ton/tahun} \approx 400.000 \text{ ton/tahun}$$

Dengan mempertimbangkan kebutuhan konsumsi domestik dan permintaan ekspor yang tinggi, kapasitas produksi yang direncanakan untuk tahun 2030 adalah 400.000 ton per tahun.

### 1.2.3 Kapasitas Minimum yang Telah Ada

Dalam penentuan kapasitas pabrik, hal penting yang harus di perhatikan selain ketersediaan bahan baku dan kebutuhan pasar adalah kapasitas pabrik yang telah ada. Hal ini guna untuk memperkirakan kapasitas pendirian pabrik agar tidak terlalu jauh

berbeda dari kapasitas pabrik yang telah ada. Menurut data PT. Pupuk Indonesia, pabrik ammonium sulfat (pupuk ZA) hanya ada di PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi dapat dilihat pada **Tabel 1.6**

**Tabel 1.6** Nama Pabrik Ammonium Sulfat di Indonesia

No.	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
1	Zichuan Antou Alum factory, China	96.000
2	Hunan suncheng enterprisos, China	36.000
3	Cameroon Chemical Industry Malaysia	240.000
4	Timuraya tunggal Indonesia	32.500
5	Pupuk Indonesia	750.000
6	BASF Germany	600.000

**Sumber:** Motoree (2025)

#### 1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik Ammonium Sulfat

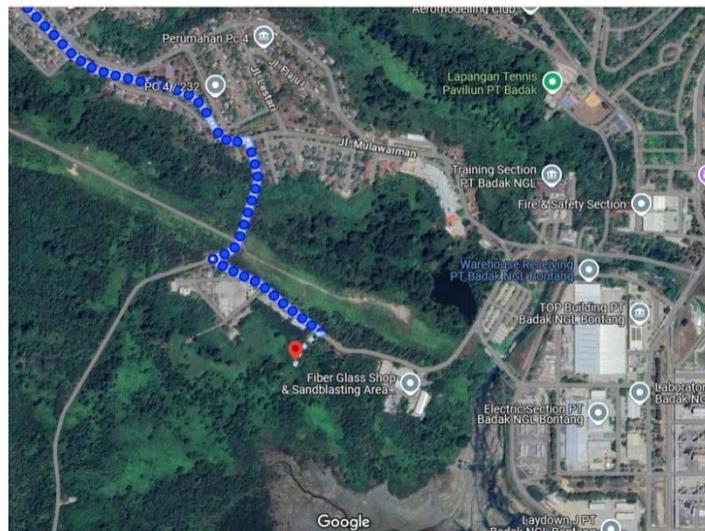
Dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, kebutuhan pasar, dan kapasitas pabrik yang telah berdiri, didapatkan kesimpulan bahwa di Indonesia kapasitas produksi pabrik amonium sulfat yang ideal adalah 400.000 ton/Tahun dengan kebutuhan bahan baku limbah fosfogipsum sebanyak 66,25 ton/tahun, amoniak 14,26 ton/tahun, asam sulfat 46,31 ton/tahun dan CO<sub>2</sub> sebanyak 15,52 ton/tahun.

### 1.3 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik ditentukan dengan analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, and Threat*). Pabrik ammonium sulfat dari limbah fosfogipsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun, direncanakan akan berdiri di tiga lokasi alternatif yang akan disusun dalam bentuk tabel sebagai acuannya.

#### 1.3.1. Alternatif Lokasi I (Kota Bontang, Kalimantan Timur)

Lokasi Pabrik terletak di Satimpo, Kecamatan Bontang Selatan, Kota Bontang, Kalimantan Timur yang dapat dilihat pada Gambar 1.2



**Gambar 1.1** Lokasi Pabrik 1

Adapun tabel analisis SWOT pada lokasi pabrik di Satimpo, Kalimantan Timur dapat dilihat pada **Tabel 1.7**

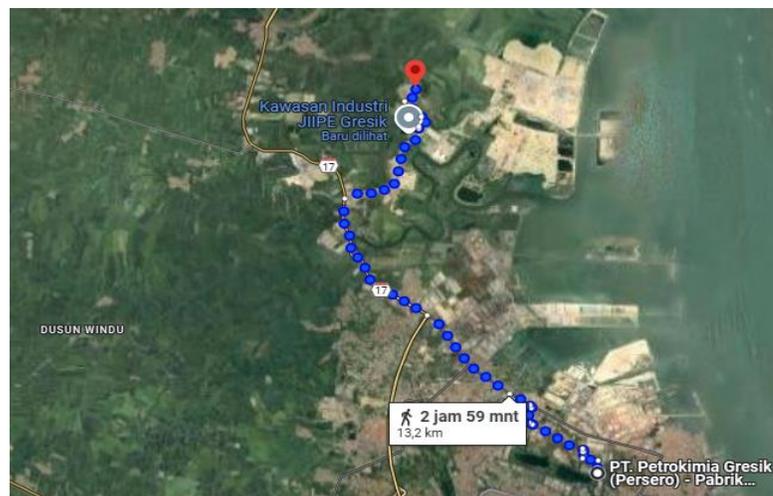
**Tabel 1.7** Analisis SWOT Lokasi Pabrik di Satimpo, Kalimantan Timur

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Bahan Baku	Dekat dengan bahan baku limbah fosfogipsum dan amoniak yaitu di PT Pupuk Kaltim dan PT Kaltim Purna Industri	Jauh dari bahan baku CO <sub>2</sub> (PT Petro Oxo Nusantara) yaitu ke Pulau Jawa	Sumber bahan baku melimpah dan mencukupi kebutuhan produksi	Adanya biaya tambahan dalam transportasi bahan baku CO <sub>2</sub>
Pemasaran	Sektor pertanian di Kalimantan Timur memiliki potensi pasar yang cukup besar untuk pupuk amonium sulfat.	Membutuhkan investasi yang cukup besar, terutama untuk teknologi pengolahan dan infrastruktur	Masyarakat semakin peduli terhadap lingkungan, sehingga produk yang ramah lingkungan seperti pupuk amonium sulfat akan semakin diminati.	Adanya pesaing yang memproduksi amonium sulfat dengan harga yang lebih kompetitif.
Utilitas	Dekat dengan	Ketersediaan	Lokasi di dekat	Proses

	jalan tol	infrastruktur pendukung seperti energi dan listrik kurang memadai	perairan sehingga memudahkan dalam segi utilitas	produksi dapat berpotensi mencemari air tanah jika tidak dikelola dengan baik.
Tenaga Kerja	Sumber daya manusia sebagai angkatan kerja yang dimiliki memadai dengan jumlah penduduknya yang banyak	Dibutuhkan tenaga kerja dengan keahlian khusus di bidang kimia dan teknik kimia	Dapat meningkatkan kompetensi masyarakat sekitar dalam menjadi tenaga kerja untuk proses pengolahan industri	Melakukan pelatihan dan pengembangan tenaga kerja untuk meningkatkan kompetensi

### 1.3.2. Alternatif Lokasi II (Gresik, Jawa Timur)

Lokasi Pabrik terletak di Jetakgiri, Kecamatan Kebumas, Kabupaten Gresik Jawa Timur yang dapat dilihat pada **Gambar 1.3**



**Gambar 1.2** Lokasi Pabrik 2

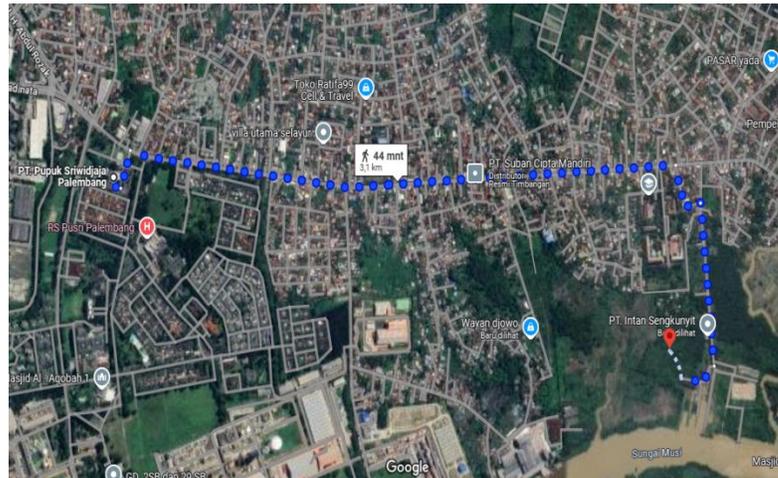
Adapun tabel analisis SWOT pada lokasi pabrik di Jetakgiri, Jawa Timur dapat dilihat pada **Tabel 1.8**

**Table 1.8** Analisis SWOT Lokasi Pabrik Jetagiri, Jawa Timur

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Bahan Baku	Dekat dengan bahan baku limbah fosfogypsum, CO <sub>2</sub> dan amoniak yaitu di PT Petrokimia Gresik	Dibutuhkan tambahan sumber bahan baku CO <sub>2</sub> yaitu ke PT Pupuk Kujang yang agak jauh dari lokasi pabrik (cikampek)	Sumber bahan baku melimpah dan mencukupi kebutuhan produksi	Adanya sedikit biaya tambahan dalam transportasi bahan baku CO <sub>2</sub>
Pemasaran	Permintaan akan pupuk amonium sulfat di Indonesia cukup tinggi, terutama untuk lahan pertanian yang kekurangan sulfur	Membutuhkan investasi yang cukup besar, terutama untuk teknologi pengolahan dan infrastruktur	Masyarakat semakin peduli terhadap lingkungan, sehingga produk yang ramah lingkungan seperti pupuk amonium sulfat akan semakin diminati.	Adanya pesaing yang memproduksi amonium sulfat dengan harga yang lebih kompetitif
Utilitas	Infrastruktur lengkap (jalan, Pelabuhan, pembangkit listrik, system pengolahan limbah)	Kemampuan pengelolaan ramah lingkungan kurang baik	Lokasi di dekat perairan sehingga memudahkan dalam segi utilitas.	Perubahan regulasi lingkungan dapat meningkatkan biaya produksi dan operasional pabrik
Tenaga Kerja	Sumber daya manusia sebagai angkatan kerja yang dimiliki memadai dengan jumlah penduduknya yang banyak	Dibutuhkan tenaga kerja dengan keahlian khusus dalam bidang kimia dan teknik kimia.	Dapat meningkatkan kompetensi masyarakat sekitar dalam menjadi tenaga kerja untuk proses pengolahan industri	Harus melakukan pelatihan dan pengembangan tenaga kerja untuk meningkatkan kompetensi.

### 1.3.3. Alternatif Lokasi III (Palembang, Sumatera Selatan)

Lokasi pabrik terletak di Sei Selincah, Kecamatan Kalidoni, Kota Palembang, Sumatera Selatan yang dapat dilihat pada **Gambar 1.3**



**Gambar 1.3** Lokasi Pabrik 3

Adapun tabel analisis SWOT pada lokasi pabrik di Jetakgiri, Jawa Timur dapat dilihat pada **Tabel 1.9**

**Table 1.9** Analisis SWOT Lokasi Pabrik Palembang

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Bahan Baku	Dekat dengan bahan baku limbah fosfogypsum dan amoniak yaitu di PT Pupuk Sriwijaya	Jauh dari bahan baku CO <sub>2</sub> (PT Petro Oxo Nusantara) yaitu ke Pulau Jawa	Sumber bahan baku melimpah dan mencukupi kebutuhan produksi	Adanya biaya tambahan dalam transportasi bahan baku CO <sub>2</sub>
Pemasaran	Pertumbuhan ekonomi regional (PDRB) yang stabil, sehingga memberikan iklim investasi	Adanya pesaing penghasil produk yang sama	Masyarakat semakin peduli terhadap lingkungan, sehingga produk yang ramah lingkungan seperti pupuk	Persaingan harga

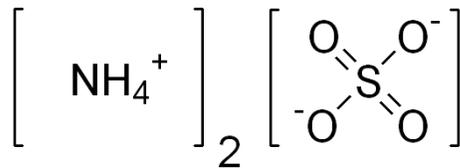
	regional yang kondusif.		amonium sulfat akan semakin diminati	
Utilitas	Kemampuan pengelolaan lingkungan yang lebih baik dibanding provinsi lainnya.	Ketersediaan infrastruktur pendukung seperti jalan, transportasi, dan energi kurang memadai	Lokasi di dekat perairan sehingga memudahkan dalam segi utilitas.	Mebutuhkan air dalam jumlah yang cukup, sehingga ketersediaan air bersih menjadi pertimbangan penting
Tenaga Kerja	Sumber daya manusia sebagai angkatan kerja yang dimiliki memadai dengan jumlah penduduknya yang banyak	Dibutuhkan tenaga kerja dengan keahlian khusus di bidang kimia dan teknik kimia	Dapat meningkatkan kompetensi masyarakat sekitar dalam menjadi tenaga kerja untuk proses pengolahan industri	Melakukan pelatihan dan pengembangan tenaga kerja untuk meningkatkan kompetensi

## BAB II TINJAUAN TEORI

### 2.1. Tinjauan Umum

#### 2.1.1. Amonium Sulfat (*Zwavelzure Ammonia*)

Amonium sulfat (ZA) dengan rumus kimia  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  merupakan pupuk nitrogen yang mengandung sekitar 21% nitrogen dan 24% sulfur. Hal ini terjadi secara alami sebagai mascagnite mineral dan menawarkan banyak keuntungan sebagai pupuk, seperti higroskopitas rendah, fisik yang baik, stabilitas kimia yang sangat baik, baik agronomi efektivitas dan kehidupan jangka panjang (Gowariker,2009). Wujud pupuk ini butiran kristal mirip garam dapur dan terasa asin di lidah. Pupuk ini higroskopis (mudah menyerap air) walaupun tidak sekuat pupuk urea. Karena ion sulfat sangat mudah larut dalam air sedangkan ion amonium lebih lemah, pupuk ini berpotensi menurunkan pH tanah yang terkena aplikasinya sehingga hanya cocok digunakan pada tanah alkalin. Pupuk ini juga tahap terhadap pencucian karena dapat teradsorpsi di tanah koloid, tanah liat dan humus, dan menggantikan kalsium. Amonium sulfat terserap garam amonium lalu dikonversi menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi untuk digunakan (*Speight,2002*). Struktur dari ammonium sulfat dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



**Gambar 2.1** Struktur Amonium Sulfat  
**Sumber:** Wikipedia.org

#### 2.1.2. Limbah Fosfogypsum

Limbah gipsum dapat diperoleh dari beberapa sumber, antara lain:

- Gypsum dari endapan anhidrit yang berasal dari larutan jenuh air di laut dangkal, yang menguap dan mengendap sebagai karbonat, kemudian sulfat, dan akhirnya klorida, yang menyebabkan peningkatan kelarutan endapan

tersebut. Berbagai endapan gipsum dan anhidrit berbeda dalam kemurnian, struktur, dan warna.

- *Flue Gas Desulfurization Gypsum (FGD Gypsum)*, dihasilkan dari desulfurisasi gas buang pembakaran bahan bakar fosil (batu bara, lignit, dan minyak) di pembangkit listrik. Produksi *FGD Gypsum* adalah dengan proses *scrubbing* gas buang pembakaran dengan  $\text{CaCO}_3$ , proses pemurnian yang melibatkan oksidasi diikuti dengan pemisahan gipsum, pencucian, dan kristalisasi *FGD Gypsum* yang dihasilkan mengandung 95% berat kalsium sulfat dihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).
- *Phosphogypsum* diperoleh dari produksi basah asam fosfat dari *phosphate rock*, biasanya *fluorapatite* dan asam sulfat. *Phosphogypsum* cenderung lembab, berupa serbuk halus dengan kadar air bebas dari sekitar 20-30% dan mengandung sejumlah pengotor, kadar pengotor *phosphogypsum* bergantung dari kandungan *phosphate rock* dan jenis proses yang dipilih. *Phosphogypsum* biasanya tidak digunakan, tetapi disimpan tanpa batas waktu karena radioaktivitasnya yang lemah yang disebabkan oleh keberadaan uranium (U) dan thorium (Th) yang terjadi secara alami, dan isotop radium (Ra), radon (Rn) dan polonium (Po). Di sisi lain, itu mencakup beberapa komponen berharga seperti kalsium sulfat dan unsur-unsur seperti silikon, besi, titanium, magnesium, aluminium, dan mangan. Sekitar 1,7 ton gipsum diperoleh dari per ton *phosphate rock* dengan kemurnian mencapai 97,6% berat kalsium sulfat dihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### 2.1.3. Amonia

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) adalah gas tak berwarna dengan bau khas yang menyengat. Amonia lebih ringan dari udara dengan densitas 0,589 kali densitas udara, menguap pada  $-33,3^\circ\text{C}$  dan membeku pada  $-77,7^\circ\text{C}$ . Amonia larut dalam air dengan membentuk larutan yang bersifat basa. Keseimbangan antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  dipengaruhi oleh temperatur, akan tetapi perbandingan antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  sangat dipengaruhi pH (Riwayati, 2010). Produksi amonia dikenal dengan proses Haber, dimana nitrogen dan hidrogen bereaksi dengan katalis besi membentuk

amonia. Hidrogen dibentuk dengan mereaksikan gas alam dan *steam* pada temperatur tinggi. Sedangkan nitrogen disuplai dari udara. Gas-gas lain seperti air dan karbondioksida dihilangkan dari aliran gas, nitrogen dan hidrogen melewati katalis besi pada temperatur dan tekanan tinggi membentuk amonia (J.C.Copplestone, 2010). Sekitar 80% amonia diproduksi sebagai bahan baku pupuk nitrogen. Adapun produksi lainnya digunakan untuk industri kimia, tekstil, pertambangan hingga energi.

#### **2.1.4. Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )**

Menurut Ullman (2003), konsumsi asam sulfat sering dinyatakan sebagai indikator perekonomian suatu negara. Asam sulfat merupakan bahan baku utama yang biasanya dibutuhkan dalam skala besar pada industri kimia. Sejauh ini industri kimia yang paling membutuhkan asam sulfat adalah industri pupuk fosfat. Penggunaan asam sulfat di industri lain ditemukan pada industri pemurnian minyak bumi, produksi zat warna, ekstraksi logam non-besi, pabrik bahan peledak, deterjen, dan plastik. Bahan utama pembentuk asam sulfat adalah sulfur dioksida yang dapat diperoleh dengan beberapa metode dari diperoleh dari pemekatan kembali dan pemurnian asam sulfat sisa. Asam sulfat murni ( $H_2SO_4$ ) merupakan liquid yang agak kental dan tidak berwarna. Asam sulfat memiliki titik didih  $340^\circ C$  dan titik beku  $10,5^\circ C$ . Asam sulfat dapat dicampur dengan air pada semua rasio. Larutan asam sulfat encer dapat didefinisikan sebagai persen berat konten  $H_2SO_4$  dalam larutan tersebut. Asam sulfat anhidrat (100%) dapat juga diartikan sebagai sulfur trioksida monohidrat. Asam sulfat melarutkan sejumlah  $SO_3$  membentuk oleum. Konsentrasi oleum didefinisikan sebagai persen berat  $SO_3$  terlarut dalam  $H_2SO_4$  100%.

#### **2.2. Tinjauan Proses**

Proses pembuatan ammonium sulfat terdapat 4 proses sebagai berikut:

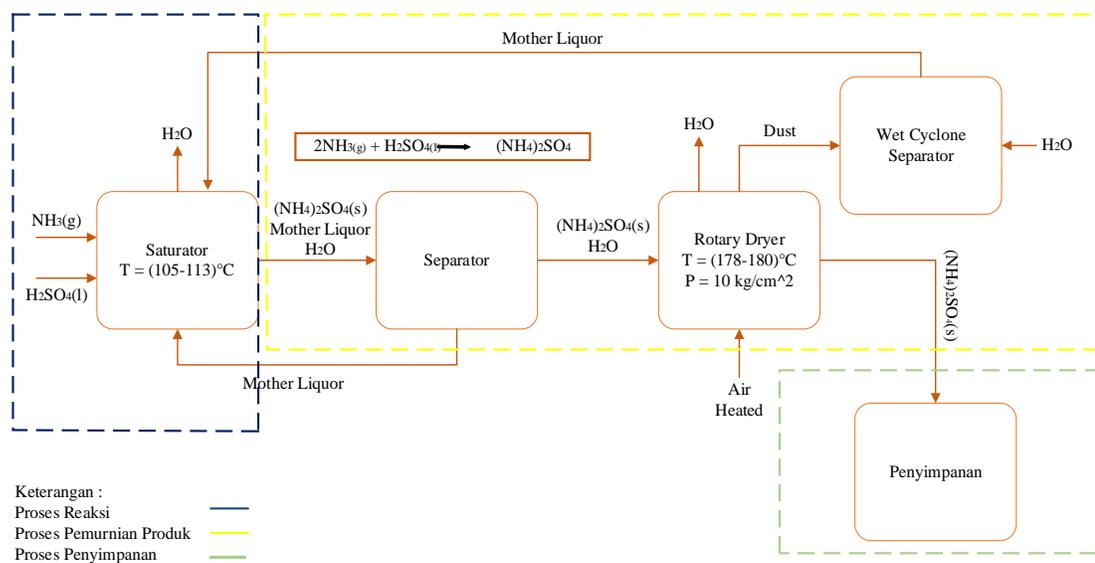
1. Proses De Nora (Netralisasi)
2. Proses Sintesis *Caprolactum*
3. Proses Merseburg
4. Proses lain

### 2.2.1. Proses *De Nora* (Netralisasi)

Menurut Gowariker (2009), produksi amonium sulfat menggunakan proses *De Nora* merupakan hasil reaksi netralisasi antara amonia dengan asam sulfat. Proses netralisasi amonium sulfat terdiri dari proses utamanya yaitu seperti berikut ini:



Reaksi pembentukan amonium sulfat adalah eksotermis dimana panas reaksi yang timbul menyebabkan larutan di dalam saturator menjadi mendidih. Berikut adalah blok diagram proses *De Nora*, yang dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



**Gambar 2.2** Blok Diagram Proses *De Nora* (Netralisasi)

Prinsip utama dalam proses *De Nora* adalah dengan memasukkan gas  $\text{NH}_3$  ke dalam saturator yang telah berisi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dikarenakan reaksi yang dihasilkan bersifat sangat eksotermis, maka ditambahkan air kondensat untuk menyerap panas hasil reaksi serta menggunakan udara sebagai pengaduknya. Berikut ini merupakan uraian dari proses netralisasi:

#### a. Proses Netralisasi Bahan Baku

Amonium sulfat diperoleh dari hasil netralisasi antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada saturator. Saturator adalah alat utama pada proses kristalisasi yang berfungsi

untuk mereaksikan amonia dengan asam sulfat dan memekatkan amonium sulfat yang terbentuk. Reaksi yang terjadi sangat eksotermis, tergantung pada panas reaksi dari keadaan konsentrasi dan keadaan fisik reaktannya. Temperatur dalam saturator dapat bertahan hampir konstan (105–113°C) pada kondisi normal operasi. Sebagian kecil panas ini hilang melalui dinding saturator, sebagian besar akan menguapkan air dari larutan dan akan dimasukkan kembali ke dalam saturator untuk menjaga temperatur konstan. Panas reaksi antara amonia dan asam sulfat cukup untuk menguapkan semua kandungan air sebagai produk hasil reaksi apabila memiliki konsentrasi 70% atau lebih. Untuk mendapatkan konversi yang tinggi asam sulfat dimasukkan melalui line yang selalu terendam di bagian atas saturator dan uap amoniak dilewatkan melalui sparger di bagian bawah saturator. Kemudian dilakukan pengadukan dengan udara yang dihembuskan melalui bagian bawah saturator yang berfungsi untuk mencegah mengendapnya kristal pada dasar saturator.

#### **b. Proses Pemurnian Produk**

Alat utama pada proses ini adalah *centrifuge separator* yang berfungsi untuk memisahkan kristal amonium sulfat dari larutan induknya (*mother liquor*). *Slurry* amonium sulfat dengan perbandingan antara liquid : solid = 1 : 1, *slurry* dalam saturator dialirkan ke dalam *centrifuge* yang terdapat *screen* untuk memisahkan kristal dari larutannya. Butiran Kristal amonium sulfat diteruskan ke *belt conveyor* dan *screw conveyor* untuk selanjutnya dibawa ke *rotary dryer* untuk dikeringkan. Sedangkan larutan induk dialirkan dialirkan ke *mother liquor tank* untuk direcycle ke saturator. Kristal yang diharapkan 55% tertahan di *screen* yang berukuran 30 mesh.

Kemudian dilakukan pengeringan dengan alat utamanya yaitu *rotary dryer* yang berfungsi untuk mengeringkan kristal ZA sampai kandungan air maksimum 1%. Kristal ZA yang masih basah diberi anti *cacking* untuk mencegah penggumpalan lalu dialirkan ke dalam *rotary dryer* dan dikontakkan dengan udara kering yang panas secara *co-current*. Suhu udara masuk pada 120-150°C dan keluar pada 50-60°C, *rotary* dilengkapi dengan pemanas udara dengan

menggunakan *low pressure steam* (tekanan 10 kg/cm<sup>2</sup> dan temperatur 178-180°C). Debu ditarik dengan kompresor dan masuk ke *wet cyclone separator* kemudian disemprot dengan air. Debu yang tercampur dengan air kemudian bercampur dalam tangki *mother liquor*, sedangkan udara yang bersih dapat langsung dibuang ke udara bebas.

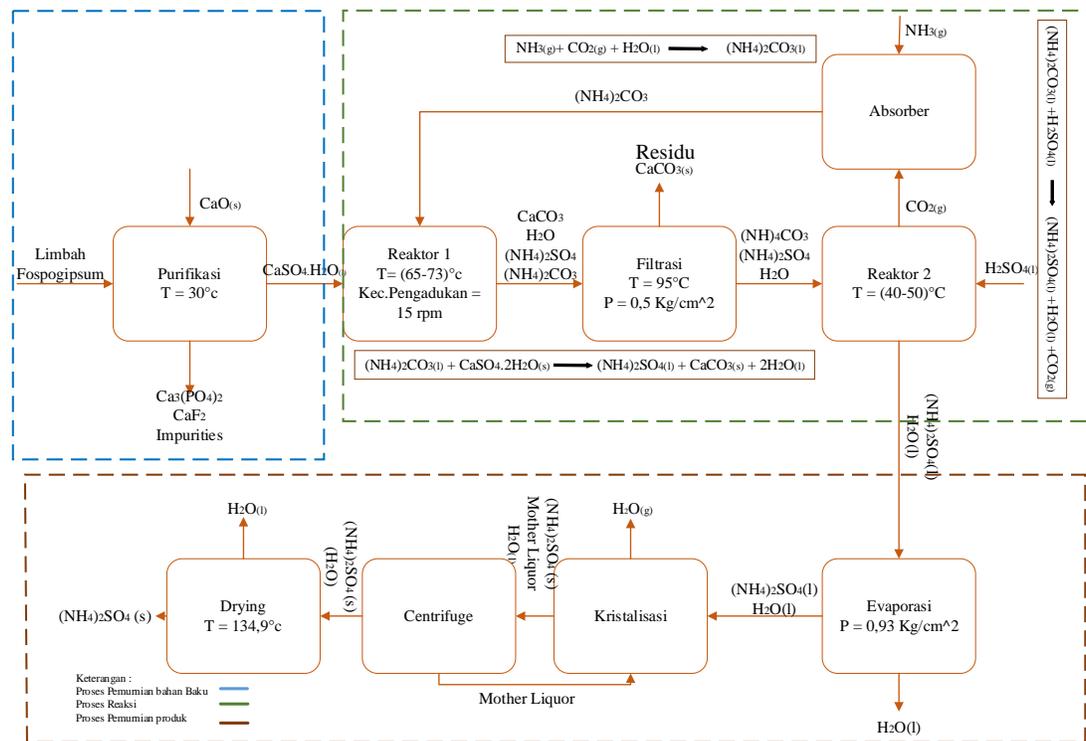
### c. Proses Penyimpanan Produk

Tahap ini berfungsi untuk mengirimkan kristal ZA ke bagian pengepakan dan pengantongan. Kristal ZA yang keluar dari *rotary dryer* dimasukkan *vibrating feeder* dan diangkat ke *bucket elevator*. Kristal masuk ke *collecting hopper* dan diangkat *belt conveyor* ke bagian pengantongan untuk dilakukan proses pengepakan.

#### 2.2.2. Proses Merseburg

Proses ini digunakan pada negara-negara yang memiliki sumber kalsium sulfat tetapi tidak memiliki sulfur untuk memproduksi amonium sulfat. Baik produk dari proses ini dapat digunakan pada industri semen atau juga dapat digunakan pada pabrik kalsium amonium nitrat. Proses *merseburg* ditemukan oleh *Alwin Mittasch* dan *Carl Bosch* pada tahun 1913. Mereka adalah ilmuwan Jerman yang bekerja di BASF (*Badische Anilin- und Sodafabrik*). Proses ini merupakan pengembangan dari proses *Haber-Bosch* yang lebih dulu ditemukan, yang juga digunakan untuk produksi amonia.

Menurut Gowariker (2009), proses ini dinamakan proses *merseburg* karena merupakan gabungan antara amonia dan karbondioksida untuk menghasilkan amonium karbonat, dimana nantinya akan direaksikan dengan gipsum sehingga menghasilkan amonium sulfat dan kalsium karbonat pada keadaan eksotermis. Proses ini memiliki banyak keuntungan seperti kalsium karbonat sebagai hasil samping dapat digunakan untuk produksi semen, pupuk, dan proses ini juga tidak membutuhkan suplai sulfur. Adapun blok diagram dari proses *merseburg* dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



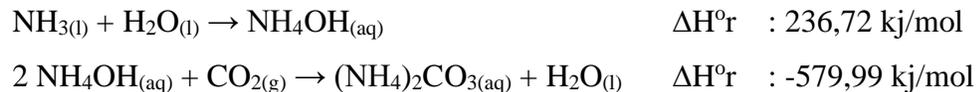
**Gambar 2.3** Blok Diagram Proses *Merseburg*

## 1. Proses Pemurnian Bahan Baku

Pada tahapan ini limbah fosfogipsum yang didapat harus dimurnikan dahulu dengan CaO. CaO akan memicu reaksi kimia yang menghasilkan endapan kalsium fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) dan kalsium florida ( $\text{CaF}_2$ ) sedangkan  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (bahan utama) akan dilanjutkan ke *reactor coloumn*.

## 2. Proses Reaksi

Pada tahapan ini terjadi proses karbonisasi dengan reaksi sebagai berikut :



Pada reaksi pembentukan amonium karbonat, temperatur harus dijaga berkisar antara 40-65°C. Hal ini dikarenakan apabila temperatur amonium karbonat lebih rendah, maka akan terbentuk kristal yang berpotensi menyumbat aliran dan menyebabkan kerusakan pada unit selanjutnya. Sedangkan apabila temperatur terlalu tinggi, dapat menyebabkan kenaikan tekanan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{NH}_3$  (Zosen, 1983).

Menurut Zosen (1983), pada tahap reaksi amonium karbonat yang dihasilkan akan direaksikan dengan gipsum yang merupakan hasil samping dari proses pembuatan asam fosfat untuk menghasilkan larutan amonium sulfat dan juga  $\text{CaCO}_3$  seperti yang ditunjukkan oleh reaksi dibawah ini:



Endapan yang dihasilkan akan disaring pada tahap filtrasi. Larutan amonium sulfat kemudian dikirim ke *chalk settler* untuk mengendapkan sisa-sisa kapur yang lolos penyaringan, sedangkan  $\text{CaCO}_3$  dan *impurities* yang tertinggal akan disimpan didalam *waste tank*. Kemudian tahap netralisasi, larutan amonium sulfat akan dinetralisasi menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk meningkatkan konversi dari amonium sulfat.

### 3. Proses Pemurnian Produk

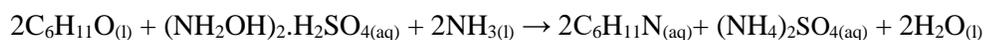
Setelah dilakukan tahapan netralisasi, selanjutnya akan dikirim ke tahap evaporasi dan kristalisasi untuk dipekatkan. Pada tahap ini sudah terbentuk kristal ZA sehingga harus dipisahkan dari cairannya pada tahap sentrifugasi menggunakan alat *centrifuge*. Kristal ZA yang dihasilkan kemudian dikirim ke *dryer-cooler* untuk dilakukan proses pengeringan dan pendinginan. Produk ZA yang dihasilkan dari tahap ini telah dapat dikirim ke gudang penyimpanan untuk selanjutnya dilakukan pengemasan.

#### 2.2.3. Proses Sintesis *Caprolactum*

Amonium sulfat diproduksi sebagai *by product* dari aliran proses oksidasi *caprolactam* dan aliran proses pembentukan kembali *caprolactam*. *Caprolactam* merupakan senyawa organik yang mayoritas digunakan sebagai bahan baku utama dalam proses polimerasi pembuatan *nylon 6* atau *polyamide 6*. Pada *by product caprolactam* yang berupa cairan terdapat kandungan amonium sulfat dengan konsentrasi sebesar 35 % (Gowariker,2009).

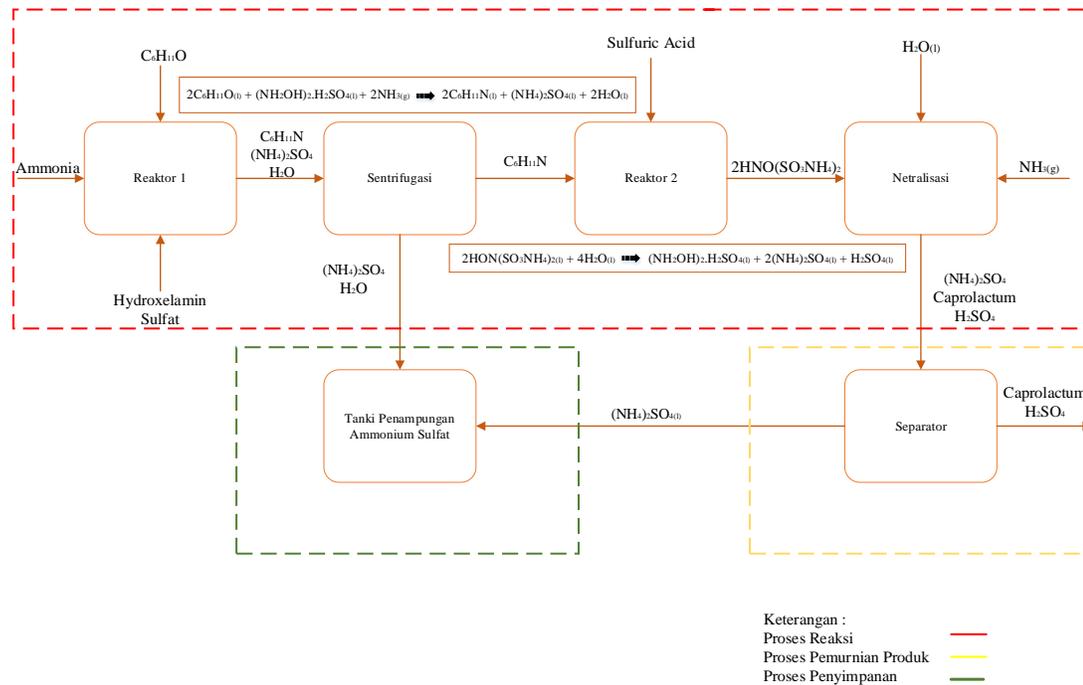


$$\Delta H^\circ_r : 36,19 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H^\circ_r : 1585,02 \text{ kJ/mol}$$

Proses pembuatan *caprolactam* menggunakan bahan baku berupa sikloheksanon dan hidrosilamin sulfat dengan penambahan oleum, toluene, dan ammonium. Berikut adalah diagram proses pembuatan caprolactam dengan ammonium sulfat sebagai *by product*. Adapun blok diagram proses *caprolactam* dapat dilihat pada **Gambar 2.4**



**Gambar 2.4** Blok Diagram Proses Sintesis *Caprolactam*

Dari diagram proses diatas dapat dilihat bahwa ammonium sulfat terbentuk melalui 3 tahap, yaitu:

### 1. Proses Reaksi

Pada proses ini terjadi 2 tahap yaitu tahap oksimasi dan tahap netralisasi. Tahap oksimasi merupakan proses pembentukan sikloheksanon oksim yang merupakan hasil reaksi antara sikloheksanon dan hidrosilamin sulfat dengan penambahan  $NH_3$  pada ammonium oksim pada suhu  $105^\circ C$  dan tekanan atmosfer. Setelah dilakukan proses sentrifugasi, *slurry* yang dihasilkan berupa sikloheksan, sedangkan larutan ammonium sulfat yang terpisah dikirim ke ammonium penampungan ammonium sulfat. Tahap

netralisasi merupakan proses penetralan ammonium yang terbentuk dari reaksi antara sikloheksan oksim dengan  $H_2SO_4$  menggunakan  $NH_3$  pada *amonium rearrangement reactor* dengan suhu  $150^\circ C$  dan tekanan 7 atm.

## 2. Proses Pemurnian Produk

Setelah melalui tahapan netralisasi, ammonium sulfat dipisahkan dari komponen *caprolactam* dan pengotor lainnya dengan menggunakan separator. Reaktan yang tidak bereaksi seperti sikloheksanon oksim dapat didaur ulang ammonium ke dalam proses reaksi untuk meningkatkan efisiensi produksi.

## 3. Proses Penyimpanan

Setelah dipisahkan melalui separator, maka terbentuklah padatan *caprolactam* yang akan diolah menjadi nylon dan larutan ammonium sulfat yang dicampur dengan ammonium sulfat dari proses oksimasi pada amonia penampungan ammonium sulfat (Nasmiarti, 2013). Menurut *Goodwin* (1979), larutan yang terbentuk pada ammonia penyimpanan ammonium sulfat memiliki konsentrasi sebesar 40%. Larutan inilah yang akan diolah lebih lanjut untuk menghasilkan pupuk ZA. Terdapat beberapa tahapan untuk mengolah larutan ammonium sulfat 40% dari ammonium sulfat tank menjadi pupuk ZA, yaitu tahap kristalisasi, sentrifugasi, pengeringan, *scrubbing*, dan *screening* dan *bagging*.

### 2.3. Pemilihan Proses

Adapun pemilihan proses yang diambil dari berbagai proses yang ada, dapat dilihat melalui pertimbangan berikut ini.

**Tabel 2.1** Pemilihan Proses

Parameter	Jenis Proses		
	Netralisasi ( <i>De Nora</i> )	Sintesis <i>Caprolactum</i>	Merseburg
<b>Kemurnian</b>	95-98%	75%	95-98%
<b>Proses</b>	Kontinu	Kontinu	Batch dan Kontinu
<b>Suhu</b>	105-110 °C	>500°C	70-150°C
<b>Tekanan</b>	1 atm	5 atm	1 atm
<b>Bahan baku</b>	$H_2SO_4$ dan $NH_3$	Sikloheksanon, Hidrosilamin	$NH_3$ , Gypsum ( $CaSO_4 \cdot H_2O$ ),

		Sulfat, NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Ketersediaan Bahan Baku</b>	Dalam negeri	Impor (sikloheksanon)	Dalam Negeri
<b>Produk Samping</b>	Tidak ada hasil samping	<i>Caprolactum</i> cair	CaCO <sub>3</sub> (dapat diolah kembali menjadi gipsum sehingga dapat menjadi bahan Baku)
<b>Modal</b>	Kecil	Besar	Besar
<b>Unit Proses</b>	<i>Saturator, Separator, Centrifuge, Dryer, Cyclone.</i>	<i>Crystalizer, Settling Tank, Centifuge, Dryer, Scrubber</i>	<i>Absorber, Reactor, Gas Scrubber, Rotary Vacuum Filter, Neutralization Tank, Evaporator, Crystalizer, Centrifuge, Dryer-Cooler</i>
<b>Kebutuhan Energi dan Utilitas</b>	Kecil	Kecil	Sedang
<b>Pengolahan Limbah</b>	Gas buang hasil pengeringan dimasukkan ke dalam <i>cyclone</i> untuk menangkap kristal ZA agar tidak terbang ke lingkungan	Sisa <i>caprolactam</i> cair susah diolah dan mencemari lingkungan	CaCO <sub>3</sub> dapat diolah kembali menjadi gipsum sehingga dapat digunakan kembali menjadi bahan baku

Dari **Tabel 2.1** dapat dilihat bahwa bahan baku yang akan digunakan yaitu limbah pospogipsum maka proses yang akan dipilih adalah pembuatan ammonium sulfat menggunakan proses *merseburg* dengan kapasitas pabrik 300.000 ton/tahun.

#### 2.4. Sifat Fisik dan Kimia Bahan

Dari proses yang telah dipilih, didapatkan bahan baku yang diperlukan dalam pembuatan natrium silikat. Komponen dari bahan-bahan kimia tersebut memiliki

sifat fisik dan kimia yang wajib diketahui agar bahan-bahan tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik.

#### 2.4.1. Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi ammonium sulfat menggunakan proses *merseburg* adalah limbah fosfogipsum, ammonia, dan asam sulfat dari PT Petrokimia Gresik.

##### a. Limbah Fosfogipsum

- Sifat Fisik

Adapun sifat-sifat fisik pada fosfogipsum dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

**Tabel 2.2** Sifat Fisika Fosfogipsum

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$
Fasa	<i>Slurry</i>
Berat molekul g/mol	172,17
Densitas g/cm <sup>3</sup>	2,32
<i>Specific gravity</i>	2,32
Panas Pembentukan Standar ( $\Delta H$ ) kcal/mol	-338,73
Kelarutan dalam air (% berat) pada 100°C	0,223

**Sumber :** MSDS *Merck Milipore* (2024)

- Sifat Kimia

- Apabila dipanaskan akan melepaskan senyawa



##### b. Amoniak

- Sifat Fisik

Adapun sifat-sifat fisik pada ammonia dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.3** Sifat Fisika Ammonia

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	$\text{NH}_3_{(l)}$
Fasa	Cair

Berat molekul	17,03
Densitas pada 20°C (gram/liter)	0,903
Titik didih (°C)	37,7
Titik beku (°C)	-57,5
Suhu kritis (°C)	133
Tekanan kritis (kPa)	11,425
<i>Specific heat</i> pada suhu 0°C (J/kg.K)	2097,2
Panas Pembentukan Standar ( $\Delta H$ ) (kJ/mol)	-46,222
Kelarutan dalam air (% berat) pada 40°C	23,4
<i>Specific gravity</i> pada 40°C	0,580

**Sumber :** MSDS Merck Milipore (2024)

- Sifat Kimia

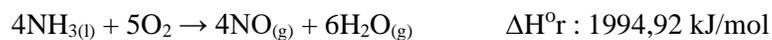
- Pada temperatur tinggi terdekomposisi menjadi hidrogen dan nitrogen.

- Bereaksi dengan *potassium permanganate*.

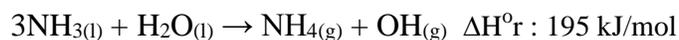
- Bereaksi dengan klor



- Mengalami reaksi oksidasi pada pembuatan asam nitrat dengan sangat cepat pada suhu 650°C (*katalis platinum rhodium*)



- Bereaksi dengan air dan bersifat reversible



c. Karbondioksida

- Sifat Fisik

Adapun sifat-sifat fisik pada karbondioksida dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

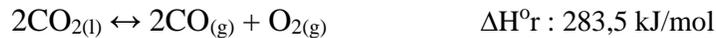
**Tabel 2.4** Sifat Fisika Karbondioksida

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	CO <sub>2</sub>
Fasa	Gas
Titik Didih (°C)	-78,5
Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	0,1562
Temperatur kritis (°C)	30,85
<i>Specific gravity</i> pada suhu -87°C	1,101
Panas Pembentukan Standart (ΔH) kcal/mol	-393,51
Kelarutan dalam air (% berat) pada 100°C	179,7

**Sumber :** MSDS Airgas (2018)

- Sifat Kimia

- Membentuk asam karbonat jika bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)
- Membentuk garam dan ester jika bereaksi dengan asam lemah
- Membentuk CO jika dipanaskan di atas suhu 1700°C



- Mengalami reaksi reduksi jika bereaksi dengan hidrogen



- Karbondioksida bereaksi dengan ammonia akan membentuk ammonium karbamat pada tahap pertama pembuatan urea



d. Asam Sulfat

- Sifat Fisika

Adapun sifat-sifat fisik pada asam sulfat dapat dilihat pada **Tabel 2.5**

**Tabel 2.5** Sifat Fisika Asam Sulfat

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	H <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub>
Fasa	Cair
Titik Didih (°C)	340

Titik Beku (°C)	10,49
Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	1,837
Spesifik gravity pada 18°C	1,834
<i>Specific heat</i> (kal/gr°C)	0,3352

Sumber : MSDS Merck Milipore (2023)

#### 2.4.2. Produk

a. Amonium Sulfat (Produk Utama)

- Sifat Fisik

Adapun sifat-sifat fisik pada ammonium sulfat dapat dilihat pada **Tabel 2.6**

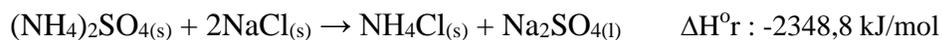
**Tabel 2.6** Sifat Fisika Amonium Sulfat

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4(s)</sub>
Fasa	Padat
Bau	Tidak berbau
Berat molekul (g/mol)	132,14
Titik Beku (°C)	57
Titik lebur/Titik Beku (°C)	>7
Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	1,769
<i>Specific Gravity</i>	2,3
pH	5-6
Kelarutan dalam air (g/L) pada 25°C	767
Tekanan Uap (hPa)	0,1

Sumber : MSDS Merck Milipore (2023)

- Sifat Kimia

Pada suhu 280°C menjadi amonium bisulfat



b. Kalsium Karbonat (Produk Samping)

- Sifat Fisik

Adapun sifat-sifat fisik pada kalsium karbonat dapat dilihat pada **Tabel 2.7**

**Tabel 2.7** Sifat Fisika Kalsium Karbonat

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	CaCO <sub>3</sub>
Fasa	Padat
Warna	Abu-abu muda
Berat molekul g/mol	100,09
Titik lebur (°C)	800
pH	8
Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	2,83
Kelarutan dalam air (g/l) pada 20 °C	0,17

**Sumber:** MSDS *Merck Milipore* (2022)

- Sifat Kimia
  - Bereaksi kuat dengan larutan asam dan menghasilkan gas CO<sub>2</sub>
  - Terurai menjadi kalsium oksida (CaO) ketika dipanaskan pada suhu tinggi

## 2.5. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### 2.5.1. Bahan Baku

Adapun spesifikasi bahan baku dapat dilihat pada **Tabel 2.8**, **Tabel 2.9**, **Tabel**

**2.10** dan **2.11**

**Tabel 2.8** Spesifikasi Bahan Baku Limbah *phosphogypsum*

Nama Bahan	Komponen	Spesifikasi
Limbah Fosfogypsum (dari PT. Petrokimia Gresik)	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	95%
	Silika	4%
	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,5%
	CaF <sub>2</sub>	0,3%
	Impurities	0,2%

**Sumber :** *Petrokimia-Gresik.com*

**Tabel 2.9** Spesifikasi Bahan Baku Amoniak

Nama Bahan	Komponen	Spesifikasi
Gas Amoniak (Pemipaan dari PT. Petrokimia Gresik)	NH <sub>3</sub>	99,5%
	Air	0,5%

Sumber : *Petrokimia-Gresik.com*

**Tabel 2.10** Spesifikasi Bahan Baku Karbondioksida

Nama Bahan	Komponen	Spesifikasi
Karbondioksida (Pemipaan dari PT. Molindo)	CO <sub>2</sub>	99,5%
	Impurities	0,5%

Sumber : *Molindo.com*

**Tabel 2.11** Spesifikasi Bahan Baku Asam sulfat

Nama Bahan	Komponen	Spesifikasi
Asam Sulfat (dari PT. Petrokimia Gresik)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98%
	H <sub>2</sub> O	2%

Sumber : *Petrokimia-Gresik.com*

### 2.5.2. Spesifikasi Produk

Adapun spesifikasi bahan baku dapat dilihat pada **Tabel 2.12** dan **Tabel 2.13**

**Tabel 2.12** Spesifikasi Amonium Sulfat

Nama Produk	Komponen	Spesifikasi
Amonium Sulfat	Bentuk	Kristal Putih
	Kemurnian	99%
	Komposisi	Nitrogen 20,8% Sulfur 23,8%
	Kadar air	Maksimal 1%

Sumber : *Petrokimia-Gresik.com*

## **BAB III**

### **TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES**

#### **3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram**

##### **3.1.1. Tahapan proses**

Proses pembuatan pupuk ZA (amonium sulfat) dari limbah Fosfogypsum dan Amonia dengan menggunakan proses Merseburg. Bahan baku yang digunakan dalam keseluruhan proses pembuatan pupuk ZA adalah limbah fosfogypsum, amonia, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

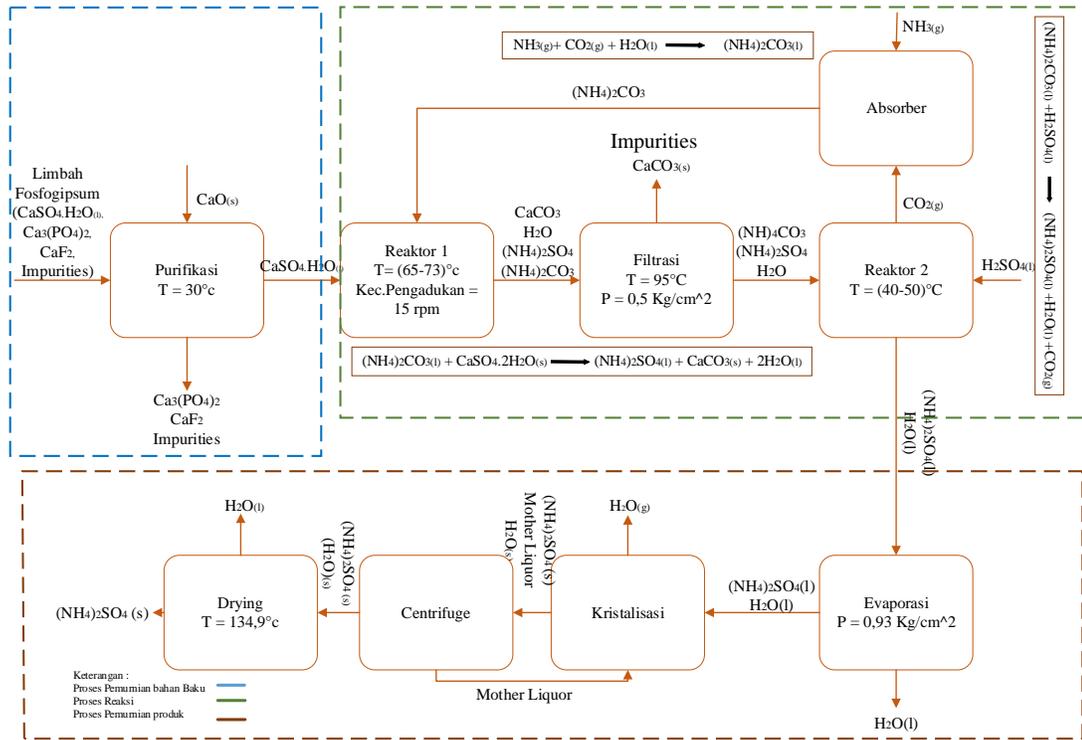
Proses pembuatan pupuk ZA (amonium sulfat) dari limbah *phosphogypsum* dan ammonia terdiri dari 3 tahapan proses yaitu:

- a. Tahap pemurnian bahan baku
- b. Tahap reaksi
- c. Tahap pemurnian produk

##### **3.1.2. Blok Diagram**

Blok diagram proses pembuatan pupuk ZA (amonium sulfat) dari limbah *phosphogypsum* dan ammonia dengan metode Merseburg dapat dilihat pada

**Gambar 3.1**



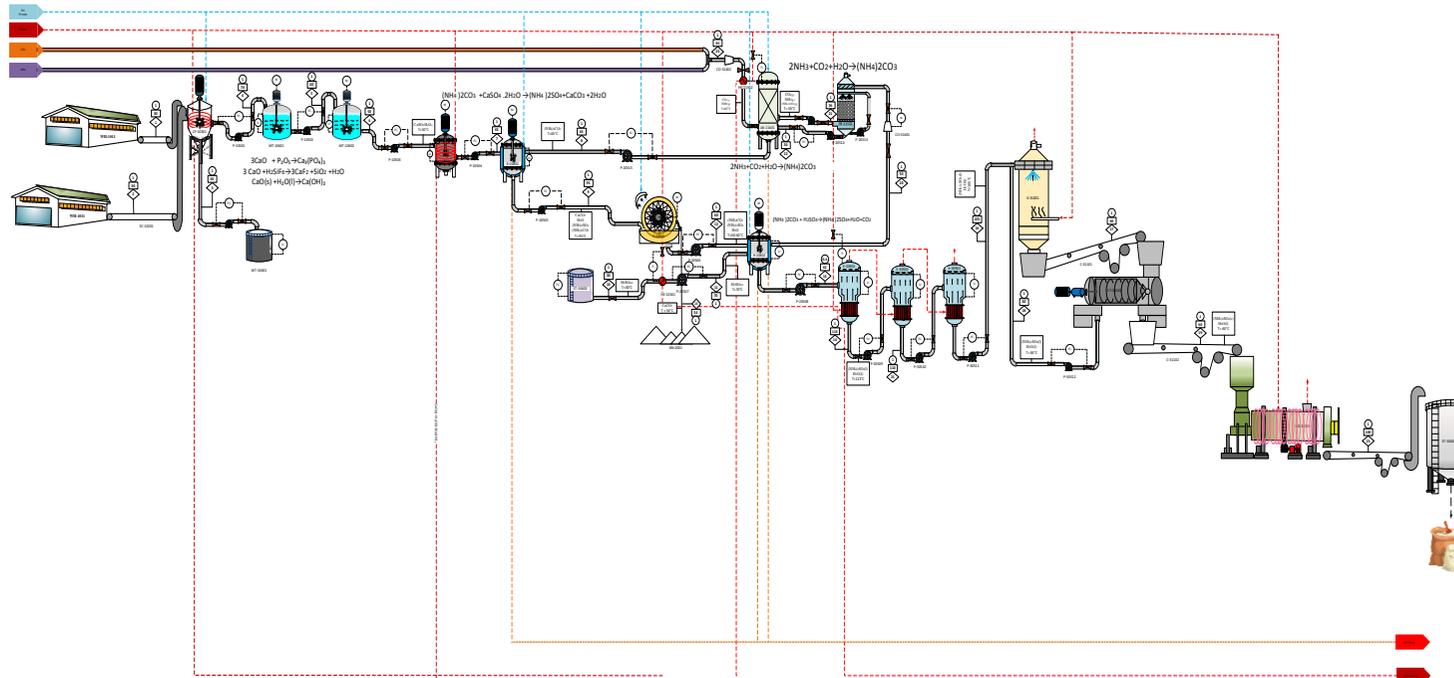
**Gambar 3.1** Blok Diagram Pembuatan Pupuk ZA dari Limbah *Phosphogypsum* dan Ammonia

### 3.2 Deskripsi Proses

Adapun flowsheet pembuatan pupuk ZA dari limbah fosfogipsium dan ammonia dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



## Flowsheet Pra-Rancangan Pabrik Ammonium Sulfat dari Limbah Fospogipsum dan Ammonia dengan Kapasitas Produksi 400.000 Ton/Tahun



No	Nama Alat	Kode Alat
1	Warehouse	WH-1011
2	Screw Conveyor	WH-1012
		SC-1101
		SC-1102
		SC-2103
		SC-2104
3	Bucket Elevator	SC-2105
		BE-1103
		BE-1104
4	Mixing Tank	BE-3105
		M-1021
5	Absorber	M-1022
		AB-2032
6	Centrifuge	CT-3081
7	Kristalizer	K-3062
8	Evaporator	EV-3071
		EV-3072
		EV-3073
9	Storage Tank	ST-1051
		ST-1052
		ST-2023
		T-3024
10	Silo Tank	RV-2051
11	Rotary Vacuum Filter	SB-2061
12	Scrubber	R-2031
13	Reaktor	R-2032
14	Rotary Dryer	RD-3091
		P-1041
		P-1042
		P-1043
		P-2044
		P-2045
		P-2046
		P-2047
		P-3048
		P-3049
		P-3041
		P-3042
		P-3043
		P-3044
P-3045		
16	Heat Exchanger	HE-2121
17	Waste Tank	HE-2122
		WT-1023
18	Bin	BN-2010

Komponen	Aliran																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
CaO	-	5.300	36,64	-	-	-	-	-	-	5.304,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.304,5	-	-	
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	66.250	-	-	66.250	66.250	66.250	66.250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.570,8	6.806,6	6.806,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.570,8	6.806,6	6.726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	795,7	-	177,5	-	
CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.885	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.885	
H <sub>2</sub> O	20.316,7	-	26.214	6.933	6.933	6.933	20.729	80.413	113.843	140,1	140,1	151.565	152.967	114.324	75.682	30.642	-	24.404	12.783,5	-	-	-	-	2.420	85.452	3.886	254,1	254,1
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.311	-	-	46.311	55.560	55.560	55.560	55.560	20.930	50.813,9	-	-	-	-	-	-	50.559,9	50.559,9	
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.082,8	372,1	7,44	15.523	-	-	-	-	
NH <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	436,8	155	14.527	-	-	-	-	-	
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	-	771,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CaF <sub>2</sub>	-	-	1.497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	796,7	-	253,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1000	-	15,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SiO <sub>2</sub>	-	-	435	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ca(OH) <sub>2</sub>	-	-	4793,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Anti Caking	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,8	50,8		
Temperatur (°C)	30	30	65	70	60	50	65	65	95	30	70	55	62	113	110	105	105	85	50	50	51	36	45	54	100	30		
Tekanan (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	2	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1	1	1	

REKAMING DAFTAR ALIRAN	
DARI LAMPIRAN FLOWSHEET DAN MENJELASKAN KAPASITAS ALIRAN DI SETIAP TAHAP	
No	Tipe
1	Bin
2	Rotary Vacuum Filter
3	Scrubber
4	Reaktor
5	Rotary Dryer
6	Heat Exchanger
7	Waste Tank
8	Bin

Gambar 3.2 Flow Sheet proses Pembuatan pupuk ZA dari Limbah Fospogipsum dan Ammonia dengan Metode Merseburg

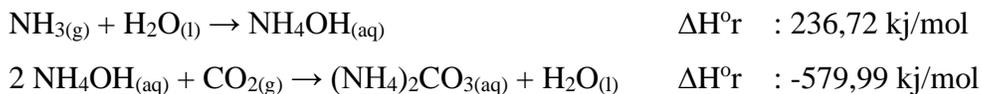
a. Proses Pemurnian Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses produksi pupuk ZA (ammonium sulfat) dari limbah fosfopgypsum dan ammonia diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik.

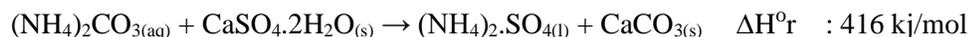
Sebelum memasuki reaktor, limbah fosfopgypsum yang didapat harus dimurnikan dahulu dengan CaO di *Mixing Tank* (M-1021) pada temperatur 30°C pada tekanan 1 atm. CaO akan memicu reaksi kimia yang menghasilkan endapan kalsium fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) dan kalsium florida ( $\text{CaF}_2$ ) sedangkan  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (bahan utama) akan dilanjutkan ke *clarifier tank* (CF-1022) untuk pemisahan *gypsum* dari impuritiesnya yang kemudian diumpukan ke *reactor coloumn* (R-2031).

b. Proses Reaksi

Pada tahapan ini terjadi beberapa proses, yang pertama adalah proses karbonisasi yang terjadi pada tangki absorber (AB-2032) pada tekanan 1,1 atm. Dimana proses karbonasi adalah reaksi pembentukan ammonium karbonat dengan menggunakan  $\text{CO}_2$ . Pada reaksi pembentukan amonium karbonat, temperatur harus dijaga berkisar antara 40-65°C Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



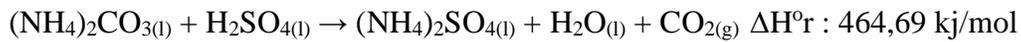
Amonium karbonat yang dihasilkan akan direaksikan dengan gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pada temperatur 65°C di *reactor coloumn* (R-2031) untuk menghasilkan larutan amonium sulfat dan juga  $\text{CaCO}_3$  seperti yang ditunjukkan oleh reaksi dibawah ini:



Endapan yang dihasilkan akan disaring di *rotary vacuum filter* (RV-2051) 0,5 atm. Larutan amonium sulfat kemudian dikirim ke *chalk settler* untuk mengendapkan sisa-sisa kapur yang lolos penyaringan, sedangkan  $\text{CaCO}_3$  yang tertinggal akan dibawa dengan *chalk cake conveyor* sebagai *by product*.

Larutan ammonium sulfat yang keluar dari *Rotary Vacum Filter* (RV-2051) pada tekanan 0,5 atm disebut *strong liquor* (mengandung kadar ammonium sulfat 35-39%)

diumpangkan ke reaktor netralisasi (R-2032) pada tekanan 1 atm menggunakan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98,5% untuk meningkatkan konversi dari amonium sulfat. Asam sulfat sebelum dipompakan menuju reaktor (R-2032) dipanaskan dulu dari temperatur  $30^\circ\text{C}$  sampai  $70^\circ\text{C}$  menggunakan *heater* (HE-2121). Reaksi proses netralisasi adalah sebagai berikut :



Pada proses netralisasi ini juga menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  yang dapat dihisap menggunakan *ejector* untuk dimasukkan ke *scrubber* (SB-2061) pada tekanan 1,2 atm lalu dikembalikan lagi ke menara absorpsi (AB-2032) dengan tekanan 1 atm.

#### c. Proses Pemurnian Produk

Setelah dilakukan tahapan netralisasi, selanjutnya akan dikirim ke evaporator (E-3072) pada tekanan 0,4 atm untuk pemekatan dan terbentuklah kristal ZA pada *crystalyzer* (K-3062) pada tekanan 1 atm. Karena terbentuk kristal ZA maka harus dipisahkan dari cairannya (*mother liquor*) pada tahap sentrifugasi menggunakan alat *centrifuge* (CT-3081) pada tekanan 1 atm. Kristal ZA yang dihasilkan kemudian dikirim ke *rotary dryer* pada tekanan 1 atm untuk dilakukan proses pengeringan dan pendinginan. Produk ZA yang dihasilkan dari tahap ini telah dapat dikirim ke tangki penyimpanan (T-3024) pada tekanan 1 atm untuk selanjutnya dilakukan pengemasan.