

**PRA RANCANGAN PABRIK SODIUM SULFAT DEKAHIDRAT
($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) DARI SODIUM KLORIDA (NaCl) DAN
ASAM SULFAT (H_2SO_4) KAPASITAS 66.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

NURUL RESKI 43120016
TRIA AFRILIA 43120023

**PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dari Sodium Klorida (NaCl) dan Asam Sulfat (H_2SO_4) Kapasitas 66.000 Ton/Tahun** oleh Nurul Reski NIM 431 20 016 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 14 Oktober 2024


Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Joice Manga, S.T., M.T.
NIP. 19731215 200312 2 001



Dr. Ridhawati Thahir, S.T., M.T.
NIP. 19760419 200501 2 002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



Dr. Yuliani HR, S.T., M.Eng
NIP. 19730409 200312 2 002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
RINGKASAN	xix
SURAT PERNYATAAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.2.1 Kebutuhan Sodium Sulfat (Na_2SO_4) Dalam Negeri	2
1.2.2 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri	3
1.2.3 Kapasitas Produksi Sodium Sulfat Dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).....	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	6
1.4 Tinjauan Proses.....	9
1.4.1 Proses Pembuatan Sodium Sulfat	9
1.4.2 Pemilihan Proses.....	12
1.4.3 Kegunaan Produk.....	13
BAB II DESKRIPSI PROSES	15
2.1 Spesifikasi Bahan dan Produk	15
2.1.1 Bahan Baku Utama	15
2.1.2 Bahan Pendukung	16
2.1.3 Produk Utama	16

2.1.4 Produk Samping.....	17
2.1.5 Produk Buang	17
2.2 Konsep Dasar Proses	18
2.2.1 Dasar Reaksi	18
2.2.2 Kondisi Operasi	18
2.2.3 Tinjauan Termodinamika.....	19
2.3 Langkah Proses.....	22
2.3.1 Tahap Persiapan Bahan baku.....	22
2.3.2 Tahap Reaksi.....	23
2.3.3 Tahap Pengendapan <i>Impurities</i>	24
2.3.4 Tahap Pengkristalan.....	24
BAB III NERACA MASSA.....	26
3.1 <i>Furnace</i> (MF-01).....	26
3.2 Reaktor (R-01).....	27
3.3 <i>Filter Press</i> (FP-01).....	27
3.4 <i>Crystallizer</i> (CR-01).....	27
3.5 <i>Centrifuge</i> (CF-01).....	28
3.6 <i>Screw Conveyor</i> (SC-01).....	28
3.7 <i>Coke Tower</i> (CT-01).....	28
3.8 <i>Spray Condenser</i> (ST-01).....	29
BAB IV NERACA PANAS	30
4.1 <i>Furnace</i> (MF-01).....	30
4.2 <i>Cooling Conveyor</i> (CC-01).....	30
4.3 Reaktor (R-01).....	31
4.4 <i>Crystallizer</i> (CR-01).....	31
4.5 <i>Screw Conveyor</i> (SC-01).....	32
4.6 <i>Heater</i> (H-01).....	32
4.7 <i>Cooler</i> (CL-01).....	32
4.8 <i>Coke Tower</i> (CT-01).....	33
4.9 <i>Spray Condenser</i> (ST-01).....	33
BAB V SPESIFIKASI ALAT	34

5.1 Gudang Penyimpanan NaCl (S-01)	34
5.2 <i>Ball Mill</i> (BM-01).....	34
5.3 <i>Screw Conveyor</i> (SC-01)	35
5.4 Tangki H ₂ SO ₄ 98% (T-01)	35
5.5 Pompa (P-01).....	36
5.6 <i>Furnace</i> (MF-01).....	37
5.7 <i>Cooling Conveyor</i> (CC-01)	37
5.8 Silo Na ₂ CO ₃ (SL-01)	38
5.9 <i>Screw Conveyor</i> (SC-02).....	39
5.10 Reaktor Pemurnian (R-01)	39
5.11 Pompa (P-02).....	40
5.12 <i>Filter Press</i> (FP-01).....	41
5.13 Pompa (P-03).....	41
5.14 <i>Crystallizer</i> (CR-01).....	42
5.15 <i>Centrifuge</i> (CF-01)	42
5.16 <i>Screw Conveyor</i> (SC-03).....	43
5.17 Silo Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O (SL-02)	44
5.18 Gudang Penyimpanan Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O (S-02).....	44
5.19 <i>Coke Tower</i> (CT-01).....	45
5.20 Tangki H ₂ SO ₄ 70% (T-02)	46
5.21 <i>Spray Condenser</i> (ST-01).....	46
5.22 Tangki HCl 32% (T-03)	47
5.23 <i>Heater</i> (H-01)	48
5.24 <i>Cooler</i> (CL-01).....	48
5.25 <i>Blower</i> (BL-01)	49
5.26 <i>Blower</i> (BL-02)	49
5.27 <i>Blower</i> (BL-01)	49
BAB VI UTILITAS	50
6.1 Unit Penyedia Steam	50
6.2 Unit Penyedia Air	52
6.3 Unit Penyedia Listrik.....	53
6.4 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	54

6.5	Unit Pengolahan Limbah	54
6.6	Spesifikasi Alat Utilitas	55
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA		61
7.1	Instrumentasi	61
7.1.1	Tujuan Pengendali	63
7.1.2	Pengendali Otomatis	63
7.2	Keselamatan Kerja.....	65
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....		72
8.1	Bentuk Perusahaan	72
8.2	Struktur Organisasi	73
8.3	Tugas dan Wewenang.....	76
8.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	84
8.5	Status Karyawan dan Sistem Upah.....	86
8.6	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	86
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK		89
9.1	Lokasi Pabrik.....	89
9.2	Tata Letak Pabrik	93
9.3	Tata Letak Alat Proses.....	96
BAB X ANALISA EKONOMI.....		99
10.1	<i>Total Capital Investment</i>	99
10.2	Analisa Aspek Ekonomi	102
BAB XI KESIMPULAN.....		105
DAFTAR PUSTAKA		106

LAMPIRAN A.....	LA-1
LAMPIRAN B.....	LB-1
LAMPIRAN C.....	LC-1
LAMPIRAN D.....	LD-1
LAMPIRAN E.....	LE-1



RINGKASAN

Sodium sulfat adalah garam sodium yang berasal dari asam sulfur. Sodium sulfat memiliki formulasi anhidrat dan dekahidrat. Produksi natrium sulfat dekahidrat memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan apabila ditinjau dari kebutuhan sodium sulfat di Indonesia dan kurangnya produksi sodium sulfat di Indonesia, sementara ketersediaan bahan baku cukup memadai sehingga perlu dilakukan kajian pasar untuk mengetahui prospek pendirian pabrik baru dalam bentuk pra rancangan pabrik.

Pabrik ini direncanakan didirikan di Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas produksi 66.000 ton/tahun. Adapun pendiriannya dimulai pada tahun 2025 dan beroperasi pada tahun 2027. Proses yang digunakan dalam pembuatan sodium sulfat yaitu proses *mannheim*. Bahan baku yang digunakan adalah *common salt* (NaCl) yang kemudian dileburkan dan direaksikan bersama H_2SO_4 di furnace *mannheim* hingga terbentuk *salt cake*. *Salt cake* kemudian akan mengalami proses pemurnian dan kemudian membentuk larutan sodium sulfat. Larutan sodium sulfat selanjutnya dikristalkan hingga membentuk sodium sulfat dekahidrat.

Perusahaan ini berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dimana struktur organisasi yang dipakai adalah garis dan staf. Perusahaan ini dipimpin oleh seorang direktur dengan jumlah karyawan 133 orang.

Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan Break Even Point (BEP) pada 46%, *Return on Investment* (ROI) sebesar 46,67% dan *Pay Out Time* (POT) 3,78 tahun. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik sodium sulfat dekahidrat dengan kapasitas 66.000 ton/tahun layak didirikan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang melaksanakan pembangunan disegala bidang. Pembangunan yang digiatkan pemerintah adalah pembangunan di bidang ekonomi untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional. Agar dapat mencapai tujuan tersebut, pemerintah menitikberatkan pada pembangunan sektor industri. Dengan berkembangnya sektor industri maka dapat menambah sumber devisa negara.

Di Indonesia terdapat beberapa jenis industri, yaitu industri pangan, industri farmasi, industri kimia, industri jasa dan sebagainya. Beberapa industri kimia di Indonesia masih banyak yang mengimpor bahan baku dari luar negeri dalam pembuatan produknya. Salah satu bahan baku yang banyak dibutuhkan oleh industri kimia adalah sodium sulfat.

Sodium sulfat adalah garam sodium yang berasal dari asam sulfur. Sodium sulfat memiliki formulasi dalam bentuk anhidrat dan dekahidrat (Denecker dkk., 2012). Dalam bentuk anhidratnya, senyawa ini berbentuk padatan kristal putih dengan rumus kimia Na_2SO_4 atau lebih dikenal dengan nama mineral tenardit. Sedangkan dalam bentuk dekahidratnya berbentuk padatan yang dapat berubah menjadi mirabilis ketika didinginkan, memiliki rumus kimia $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ atau lebih dikenal dengan nama garam glauber atau sal mirabilis.

Seiring dengan bertambahnya penduduk Indonesia maka semakin banyak pula produk-produk yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari. Untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut antara lain

industri pulp dan kertas, deterjen, pembuatan kaca, tekstil, keramik, farmasi, zat pewarna, dan sebagainya (Kirk, 1969).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), rata-rata impor sodium sulfat di Indonesia sejak tahun 2019-2023 adalah 287.827,6 ton. Kebutuhan sodium sulfat yang tinggi berbanding terbalik dengan *supply* yang ada, sehingga Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan pasar domestik dikarenakan rendahnya produksi sodium sulfat di Indonesia. Indonesia hanya mempunyai dua pabrik sodium sulfat dengan jumlah produksi \pm 245.000 ton/tahun (Kemenperin, 2024). Data tersebut menunjukkan bahwa persediaan sodium sulfat di Indonesia masih kurang, sehingga perlu didirikan pabrik sodium sulfat baru untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Adanya pabrik sodium sulfat dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) menggunakan bahan baku sodium klorida (NaCl) dan asam sulfat (H_2SO_4) dapat menjadi solusi untuk industri yang menggunakan sodium sulfat di Indonesia. Kehadiran pabrik sodium sulfat dekahidrat diharapkan dapat memberikan dampak yang positif bagi negara, seperti membuka lapangan pekerjaan, menambah sumber devisa negara dan meningkatkan perekonomian nasional. Melihat prospek yang bagus tersebut, maka direncanakan didirikan pabrik sodium sulfat dekahidrat yang dapat bersaing dalam dunia industri.

1.2 Kapasitas Rancangan

Pertimbangan untuk menentukan kapasitas produksi pada segi ekonomi, yaitu sebagai berikut:

1. Prediksi kebutuhan sodium sulfat dalam negeri
2. Ketersediaan bahan baku
3. Ketentuan kapasitas minimum pabrik yang sudah ada

1.2.1 Kebutuhan Sodium Sulfat (Na_2SO_4) Dalam Negeri

Sodium sulfat merupakan bahan kimia yang digunakan pada berbagai industri kimia, seperti pada industri detergen, industri kertas, industri tekstil, industri kaca dan industri kimia lainnya (Kirk-Othmer, 1969).

Kebutuhan Na_2SO_4 di Indonesia masih banyak setiap tahunnya. Hal ini ditandai dengan data statistik impor sodium sulfat dari Australia, Belgium, China, Perancis, Jerman, Hongkong, India, Jepang Malaysia, Singapura, Thailand, Taiwan, UK dan US. Data konsumsi impor Na_2SO_4 di Indonesia dari tahun 2019 hingga 2023 dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Data Impor Sodium Sulfat Tahun 2019-2023

Tahun	Total Impor (ton)	Kenaikan (%)
2019	211.446,57	0
2020	317.659,12	50
2021	267.397,69	-16
2022	331.495,77	24
2023	311.138,88	-6
Rata – rata pertumbuhan		13

Sumber: Badan Pusat Statistik (2024)

1.2.2 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Untuk memenuhi kebutuhan sodium sulfat di Indonesia, dapat dilihat data kapasitas produksi pabrik sodium sulfat yang ada di Indonesia pada tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Kapasitas Produksi Sodium Sulfat di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Produksi (Ton)
1	PT. South Pasific Viscose	185.000
2	PT. Indo Bharat Rayon	60.000
Total		245.000

Sumber: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2024)

1.2.3 Kapasitas Produksi Sodium Sulfat Dekahidrat (Na₂SO₄.10H₂O)

Angka produksi diperoleh dari penjumlahan total kapasitas industri sodium sulfat di Indonesia dalam ton/tahun, sehingga diperoleh perkiraan sodium sulfat yang diproduksi di Indonesia dari tahun 2019 hingga tahun 2023 adalah 245.000 ton/tahun.

Sebelum menentukan peluang kapasitas mula-mula ditentukan perkiraan data impor dan produksi pada tahun pabrik akan didirikan yaitu tahun 2027. Menurut Peter dan Timmerhaus (1980), perhitungan perkiraan kebutuhan dapat dihitung menggunakan metode *discounted payback period* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = P (1 + i)^n$$

Dimana:

P = data pada tahun terakhir (ton/tahun)

F = jumlah produk pada tahun pabrik akan didirikan (ton/tahun)

i = rata-rata kenaikan produk tiap tahun (%)

n = selisih tahun (tahun proyeksi – tahun data terakhir)

Untuk mendapatkan jumlah impor dan jumlah produksi Na₂SO₄ pada tahun 2027 dapat dilihat dibawah ini:

$$F \text{ impor} = 311.138,88 \text{ ton} \times (1+13\%)^{(2027-2023)}$$

$$= 508.377,98 \text{ ton}$$

$$F \text{ produksi} = 245.000 \text{ ton} \times (1+0\%)^{(2027-2023)}$$

$$= 245.000 \text{ ton}$$

Dari rumus di atas didapatkan jumlah impor Na_2SO_4 pada tahun 2027 sebesar 508.377,98 ton dan jumlah produksi Na_2SO_4 pada tahun 2027 sebesar 245.000 ton. Setelah mendapatkan seluruh data pendukung yang dibutuhkan, selanjutnya dapat ditentukan peluang kapasitas pabrik sodium sulfat. Peluang kapasitas dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$m_3 = m_2 - m_1$$

Dimana:

m_1 = jumlah impor Na_2SO_4 ditahun pabrik akan didirikan

m_2 = jumlah produksi Na_2SO_4 ditahun pabrik akan didirikan

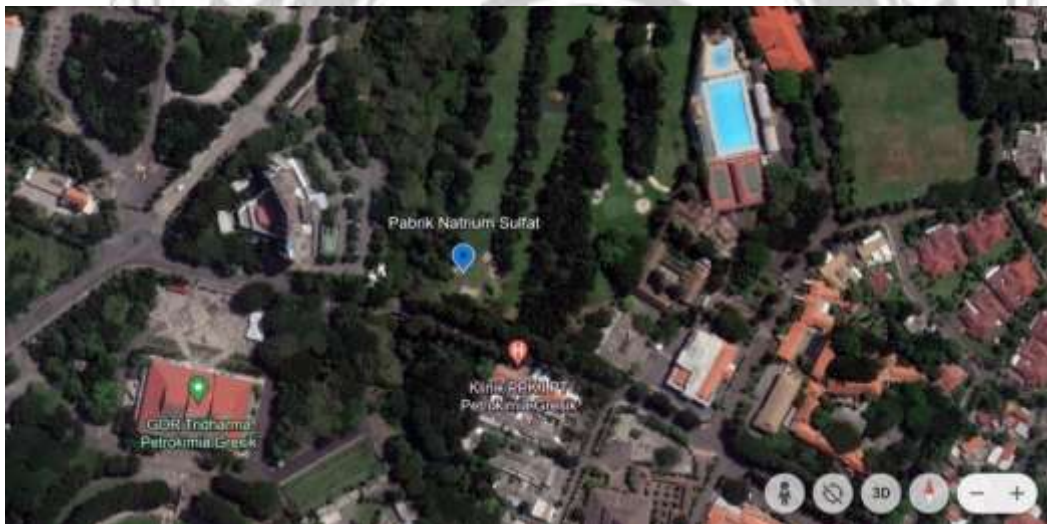
Untuk mendapatkan peluang kapasitas pabrik Na_2SO_4 pada tahun 2027 dapat dilihat dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Peluang kapasitas (} m_3 \text{)} &= 245.000 \text{ ton} - 508.377,98 \text{ ton} \\ &= -263.377,98 \text{ ton} \\ &= 263.377,98 \text{ ton} \times 25\% \\ &= 65.844 \text{ ton atau } 66.000 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kemudian didapatkan peluang kapasitas sebesar 263.377,98 ton, yang akan disuplay sebesar 10% dari peluang kapasitas dengan pertimbangan pabrik yang akan dirancang merupakan pabrik yang sudah ada didirikan di Indonesia. Sehingga kapasitas pabrik yang didapatkan sebesar 65.844 ton/tahun atau 66.000 ton/tahun.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan kelancaran produksi pabrik. Tujuan dari penentuan lokasi pabrik adalah agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Lokasi pabrik mempengaruhi besarnya biaya produksi dan biaya distribusi produk yang dihasilkan dan faktor-faktor pendukung lainnya. Pabrik sodium sulfat dekahidrat ini akan didirikan di Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang terletak di antara garis lintang $7^{\circ}09'27.0''$ dan $112^{\circ}38'27.6''$ garis bujur. Gambar lokasi pabrik yang dipilih dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut.



Sumber: Google earth (2024)

Gambar 1.1 Lokasi Pabrik

Pendirian pabrik sodium sulfat dekahidrat yang akan direncanakan dibangun di Jawa Timur ini melalui pertimbangan sebagai berikut:

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku utama pembuatan sodium sulfat dekahidrat adalah sodium klorida dan asam sulfat. Asam sulfat (H_2SO_4) didapatkan langsung dari pabrik penghasil

asam sulfat yaitu PT. Petrokimia Gresik di daerah Jawa timur. Sedangkan sodium klorida diperoleh dari PT. Unichem Candi Indonesia di Gresik.

2. Transportasi

Transportasi cukup berpengaruh terhadap penentuan lokasi pabrik karena digunakan untuk pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung dan distribusi produk. Lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar. Jalur transportasi dapat dilakukan melalui jalur darat maupun laut. Gresik memiliki sarana dan prasarana transportasi darat yang memadai sehingga memudahkan akses transportasi pengangkutan bahan baku ataupun produk. Pada jalur laut, proses penyaluran bahan baku atau produk dapat dilakukan dengan menggunakan kapal melalui pelabuhan Tanjung Perak.

3. Sumber Daya Manusia

Lokasi pabrik sebaiknya berada di daerah yang memiliki sumber daya manusia yang berkualitas karena pabrik membutuhkan pekerja yang berpengalaman. Kriteria mumpuni didasarkan pada latar belakang pendidikan. Di Jawa Timur terdapat 3739 SMA/MA, 2162 SMK (Kemendikbud, 2024) dan 341 perguruan tinggi negeri dan swasta (BPS, 2022). Dengan melihat data tersebut, dapat diketahui bahwa daerah Jawa Timur memiliki SDM yang cukup untuk direkrut menjadi pegawai perusahaan.

4. Utilitas

Ketersediaan sarana pendukung seperti listrik, air, dan sarana lainnya juga merupakan hal yang penting. Di Jawa Timur terdapat listrik dan air yang memadai.

Aliran listrik dapat diperoleh dari PT PLN Nusantara Power dan untuk air diperoleh dari PDAM gresik.

5. Kondisi Geografis Wilayah

Kondisi wilayah suatu daerah merupakan hal yang cukup penting dalam menentukan lokasi pabrik. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Provinsi Jawa Timur diperoleh data kondisi wilayah sebagai berikut:

Kelembapan udara = 53-97%

Suhu udara = 21-33°C

Kecepatan angin = 3,6 m/s

6. Pemasaran

Sodium sulfat memiliki pasar yang cukup banyak karena banyak pabrik-pabrik di Indonesia menggunakan sodium sulfat. Pembangunan pabrik sodium sulfat di Jawa Timur memiliki keuntungan dimana sodium sulfat banyak dibutuhkan di Jawa Timur sendiri, prospek pasar yang tersedia dapat meminimalisasi kerugian yang didapatkan. Berikut data industri pabrik pengguna sodium sulfat di Jawa Timur yang ditunjukkan pada tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Pabrik yang Menggunakan Sodium Sulfat

No.	Nama Pabrik	Jenis Pabrik	Alamat
1	PT Adiprima Suraprinta	Kertas	Wringinanom, Gresik
2	PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia, Tbk	Kertas	Mojokerto
3	PT Jaya Kertas	Kertas	Kertosono, Nganjuk
4	PT Ekamas Fortuna	Kertas	Pagak, Malang
5	PT Gayabaru Paperindo	Kertas	Ciptomulyo, Malang
6	PT Delta Surya Textile	Teksitil	Surabaya
7	PT New Minatex	Tekstil	Lawang, Malang
8	PT Sayap Mas Utama (Wings)	Detergen	Surabaya

Lanjutan tabel 1.3

9	PT. Asahimas Flat Glass, Tbk	Gelas	Taman, Sidoarjo
10	PT. Multi Arthamas Glass Industry	Gelas	Rungkut, Surabaya

Sumber: Kemenperin (2024)

1.4 Tinjauan Proses

1.4.1 Proses Pembuatan Sodium Sulfat

Bahan yang digunakan untuk membuat sodium sulfat ada 2 jenis, yaitu sodium sulfat dari bahan alam dan sodium sulfat dari bahan kimia. Proses pembuatan sodium sulfat dari bahan alam dan bahan kimia adalah sebagai berikut:

- a. Produksi Sodium Sulfat dari Bahan Alam
1. Produksi Sodium Sulfat dari Pemanfaatan Air Laut

Pada produksi ini bahan baku yang digunakan adalah air laut yang mengandung sodium sulfat dengan konsentrasi 7-11% dengan kandungan lainnya berupa NaCl dan MgSO₄. Untuk mengurangi kelarutan sodium sulfat dalam air laut dilakukan dengan menambahkan NaCl agar jenuh, kemudian dicuci dengan larutan garam untuk memisahkannya. Larutan garam yang terdapat dalam larutan sisa akan larut dalam larutan pencuci, sedangkan sebagian besar sodium sulfat tidak larut dalam larutan garam karena kecepatan kelarutannya lebih rendah. Larutan ini didinginkan pada suhu -9 sampai -6°C dengan pendingin ammonia di *crystallizer*.

Kristal garam glauber yang dihasilkan dipisahkan dari cairan induknya melalui penyaringan, kemudian cairan induk dikembalikan ke proses. Kristal garam glauber diumpankan ke evaporator pembakaran, dimana garam ini akan meleleh dan sebagian besar air yang dihasilkan akan dihilangkan dengan penguapan. Produk

garam basah kemudian dikeringkan dengan menggunakan *dryer* (Faith, Keyes & Clark, 1975).

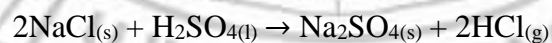
2. Produksi Sodium Sulfat dari *Thenardite*

Thenardite mengandung *clay*, sodium klorida dan magnesium. Potongan batu dihancurkan hingga berukuran 10-20 mesh pada *screener* dan dicuci dengan larutan jenuh sodium sulfat dan mempertahankan suhunya di atas 90°F untuk menghilangkan kandungannya. Pencucian ini menghilangkan *clay* dan sebagian besar garam. Sodium sulfat yang diperoleh di-*centrifuge* dan dikeringkan untuk menghasilkan produk yang lebih murni (Faith, Keyes & Clark, 1975).

a. Produksi Sodium Sulfat dari Bahan Kimia

1. Proses *Mannheim*

Pada proses *Mannheim* sodium sulfat diperoleh dari reaksi antara garam sodium klorida dan asam sulfat. Garam dan asam sulfat direaksikan pada suhu sekitar 800-843°C yang merupakan suhu peleburan kedua campuran tersebut. Reaksi ini terjadi di dalam furnace *Mannheim* yang terbuat dari batu *brick* dan tanah liat yang bersifat tahan pada suhu tinggi dan tahan pada bahan kimia yang bersifat korosif. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



Yield 98%

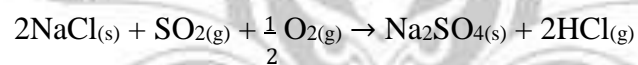
Hasil samping reaksi ini adalah asam klorida. Gas asam klorida masuk ke dalam *spray dryer* untuk dikondensasikan hingga berubah fase menjadi cair. *Salt cake* sodium sulfat keluar dari furnace secara *continue*. Apabila diinginkan sodium sulfat dekahidrat, maka *salt cake* dilarutkan dalam air panas untuk membentuk

larutan 35%. Penambahan Na_2CO_3 dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan untuk mengendapkan garam pengotor yang terikut. Adanya bantuan gaya gravitasi akan mengendapkan garam pengotor secara alami dan larutan dari endapan akan dialirkan menuju *crystallizer*. Setelah proses kristalisasi, garam glauber akan disimpan dalam tangki tertutup agar tidak menguap. Sebagian *mother liquor* dikembalikan ke dalam reaktor untuk di-*recycle* kembali dan sebagian akan dialirkan menuju pengolahan air limbah (Faith, Keyes & Clark, 1975).

2. Proses *Hargreaves-Robinson* (SO_2 dan O_2)

Proses ini hanya dilakukan oleh Amerika Serikat dalam memproduksi sodium sulfat. Gas SO_2 , O_2 dan steam akan dilewatkan pada butiran garam.

Persamaan reaksi yang terjadi, yaitu:

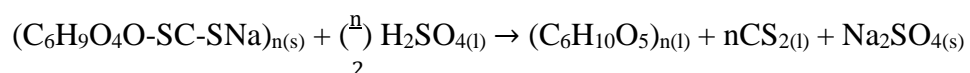


Yield yang diperoleh adalah sekitar 93% sampai 98% (Faith, Keyes & Clark, 1975).

3. Proses *Viscose-Fiber Spinning Baths*

Di industri rayon, larutan koagulan yang mengandung 9%-11% asam sulfat dan 20% natrium sulfat akan direaksikan dengan penambahan material lainnya. Sodium sulfat diperoleh dari setiap *pound* produk rayon, dalam proses *wet spinning*.

Berikut adalah reaksi yang terjadi:



Asam sulfat melepaskan *xanthate* dan menghasilkan selulosa dalam proses *wet spinning*. Sodium sulfat mengontrol kecepatan pelepasan *xanthate* menjadi selulosa dan membentuk serat fiber (Faith, Keyes & Clark, 1975).

1.4.2 Pemilihan Proses

Proses pembuatan Sodium Sulfat terdapat beberapa proses yaitu proses *Messo*, proses *Viscose-Fiber Spinning Baths*, proses *Mannheim*, proses *Hargreaves-Robinson* dan proses *Formic Acid*. Proses – proses pembuatan sodium sulfat dibedakan berdasarkan bahan baku utama yang akan digunakan. Untuk proses *Messo* bahan baku yang digunakan adalah *brine*, pada proses *Viscose-Fiber Spinning Baths* bahan baku yang digunakan adalah serat/rayon, pada proses *Mannheim* dan *Hargreaves-Robinson* bahan baku yang digunakan adalah garam dan pada proses *Formic Acid* bahan baku yang digunakan adalah sodium formate. Dalam pemilihan proses pada prarancangan pabrik sodium sulfat ini ditinjau dari bahan baku, yaitu bahan baku yang mudah didapat didalam negeri, dalam hal ini bahan baku yang mudah didapat adalah garam (NaCl).

Dalam seleksi proses selanjutnya, akan dilakukan seleksi pada dua macam proses yang paling banyak digunakan, yaitu proses *Mannheim* dan *Hargreaves-Robinson* yang menggunakan garam sebagai bahan baku utamanya. Perbandingan kedua proses tersebut dapat dilihat pada tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4 Perbandingan Proses Pembuatan Sodium Sulfat

Aspek	Proses	
	<i>Mannheim</i>	<i>Hargreaves-Robinson</i>
Bahan Baku Utama	Garam	Garam
Bahan Tambahan	Asam Sulfat (H_2SO_4)	Sulfur Oksida (SO_2)
Produk Samping	HCl	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Jenis Proses	Kontinyu	Batch
Teknis	Proses lebih sederhana	Reaksi SO_2 dan O_2 dalam keadaan gas lebih rumit dan bahan tambahan yang digunakan perlu dilakukan <i>treatment</i> terlebih dahulu.

Lanjutan tabel 1.4

Ekonomi	1. Tidak membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan tambahan 2. Bahan baku H ₂ SO ₄ lebih murah dan mudah diperoleh	1. Membutuhkan desain khusus dalam menyimpan bahan tambahan, sehingga biaya alat akan lebih mahal. 2. Bahan baku gas SO ₂ lebih mahal dan <i>treatment</i> bahan baku membutuhkan alat dan biaya yang lebih mahal.
Fase	<i>Solid-Liquid</i>	<i>Liquid-Gas</i>
Jenis Reaksi	Eksotermis	Eksotermis
Alat Utama	<i>Mannheim Furnace</i>	<i>Fluidized-Bed Reactor</i>
Yield	98%	93-98%
Kondisi Operasi		
1. Suhu	800-843°C	426,67 °C
2. Tekanan	1 atm	1 atm

Sumber: Faith, Keyes & Clark (1975)

Dari perbandingan diatas, maka proses yang dipilih dalam perancangan Na₂SO₄ ini adalah proses *Mannheim*, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan tambahan yang digunakan mudah didapatkan serta ekonomis dalam segi penyimpanan dan perlakuan.
2. Produk samping yang dihasilkan mempunyai nilai jual tinggi.
3. Proses kontinyu dan sederhana sehingga biaya proses lebih murah.
4. Yield yang diperoleh tinggi yaitu sebesar 98%.

1.4.3 Kegunaan Produk

Sodium sulfat banyak digunakan dalam berbagai industri. Berikut adalah kegunaan sodium sulfat di berbagai industri (Kirk-Othmer, 1969):

1. Industri kertas (*pulp kraft*). Sodium sulfat setelah tereduksi menjadi sodium sulfida atau terhidrolisis menjadi kaustik digunakan dalam industri kertas untuk melarutkan lignin pada bahan pulp.

2. Industri deterjen. Natrium sulfat digunakan untuk mencegah terbentuknya gel pada saat *spray drying* pada pembuatan bubuk deterjen. Natrium sulfat dapat membantu daya bersih produk sabun colek.
3. Industri kaca. Pada industri kaca, natrium sulfat berfungsi untuk mempercepat peleburan dan mendapatkan kaca dengan porositas yang diinginkan.
4. Industri tekstil. Natrium sulfat membantu penyamarataan pada proses pewarnaan.
5. Sebagai bahan baku pembuatan soda alum, natrium silikat, keramik, dan lain-lain.



BAB XI KESIMPULAN

Hasil analisa perhitungan pra rancangan pabrik sodium sulfat dekahidrat dari sodium klorida dan asam sulfat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pabrik direncanakan mulai beroperasi tahun 2027 selama 330 hari per tahun dan 24 jam per hari dengan kapasitas 66.000 ton/tahun.
2. Lokasi pendirian pabrik terletak di Kecamatan Gresik, Jawa Timur. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 133 orang.
3. Pabrik ini layak untuk didirikan karena memberikan keuntungan yang ditinjau dari segi ekonomi, dimana data hasil analisis ekonomi yang diperoleh sebagai berikut:
 - a. *Return on Investment* (ROI) = 46,67%
 - b. *Internal Rate of Return* (IRR) = 31,74%
 - c. *Pay Out Time* (POT) = 3,78 tahun
 - d. *Break Event Point* (BEP) = 46%
 - e. *Shut Down Point* (SDP) = 32,24%

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. (2024). *Good Price CH₄*. Alibaba. Diakses pada 22 September 2024 dari https://www.alibaba.com/product-detail/Good-Price-CH4-High-Purity-99_1600887664027.html?
- Alibaba. (2024). *Product Detail Sodium Sulphate Decahydrate*. Alibaba. Diakses pada 15 September 2024 dari <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/sodium-sulphate-decahydrate-glauber-s-salt-60475985601.html>
- Alibaba. (2024). *Sodium Carbonate Price Manufacturers*. Alibaba. Diakses pada 7 September 2024 dari <https://m.indonesian.alibaba.com/m/sodium-carbonate-price-manufacturers.html?tab=all>
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika. (2024). *Prakiraan Cuaca Jawa Timur*. 25 Maret 2024, dari <https://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraan-cuaca-indonesia.bmkg?Prov=12&NamaProv=Jawa%20Timur>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Jumlah Perguruan Tinggi, Dosen, dan Mahasiswa (Negeri dan Swasta) di Bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Menurut Provinsi*. 25 Maret 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/statisticst>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Data Ekspor Impor Nasional*. 19 Maret 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/exim>
- Banchero, B. (1955). *Chemical Engineering Series*. Mc Graw Hill in Chemical Engineering. New York.
- Bank Indonesia. (2024). *Kurs Transaksi Bank Indonesia*. Diakses pada 25 Agustus 2024, dari
- Brown, G. G. (1950). *Unit operations*. John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Denecker, M., Hébert, R., Bourgès, A., Menendez, B., & Doehne, E. (2012). *Mirabilite and Heptahydrate Characterization from Infrared Microscopy and Thermal Data*. New York.
- Felder, R. M., & Ronald, M. R. (2005). *Elementary Principles of Chemical Processes*. (3rd ed). New Jersey; John Wiley & Sons, Inc.

- Foust, A.S. (1980). *Principle of Unit Operation*. (2nd ed). John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. (3th ed). United States of America: Prentice-Hall International, Inc.
- Gemati, A., Gunawan, G., & Khabibi, K. (2013). Pemurnian Garam NaCl melalui Metode Rekristalisasi Garam Krosok dengan Penambahan Na₂CO₃, NaOH dan Polialuminium Klorida untuk Penghilangan Pengotor Ca²⁺ dan Mg²⁺. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 16(2), 50–54.
- Google Earth. (2024). 5 Agustus 2024, dari <https://earth.google.com/web/@-7.15639043,112.64150228,14.00589291a,898.42957557d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj8BEAA>
- Haryono, H.E. (2019). *Kimia Dasar*. Deepublish: Yogyakarta.
- Himmelblau, D.M. (1989). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering* (5th ed). Prentice-Hall International, Singapore.
- Himmelblau, D.M. (1996). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. (6th ed). Prentice-Hall International, London.
- Hoiriyah, Y. U. (2019). Peningkatan Kualitas Produksi Garam Menggunakan Teknologi Geomembran. *Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis*, 6(2), 71-76.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2024). *Total Jumlah Satuan Pendidikan Aktif di Jawa Timur*. 25 Maret 2024, dari <https://data.kemdikbud.go.id/data-induk/050000>
- Kementerian Perindustrian RI. (2024). *Daftar Inventarisasi Barang/Jasa Produksi Dalam negeri*. 19 Maret 2024, dari <https://tkdn.kemenperin.go.id/>
- Kern, D. Q. (1950). *Process heat transfer*. Mc Graw-Hill International Book Company Inc.
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1969). *Encyclopedia Of Chemical Technology*. (2nd ed). Wiley-Sons. New York.
- Lowenheim, F. A., & Moran, M. K. (1975). *Faith, Keyes and Clark's Industrial Chemicals*. New York: Wiley.
- Matché. (2014). Harga peralatan. Matché. Diakses pada Agustus-September 2024, dari www.matche.com
- Megah Anugerah Energi. (2024). Solar Industri. Diakses pada 22 September 2024 dari <https://solarindustri.com/berita/harga-solar-industri-01-14-april-2024/>

- Perry, R.H & Green, D.W. (2008). *Chemical engineering's Hand Book, 8th ed.* McGrawHill Book Kogakusha, Tokyo.
- Perry, R.H & Green, D.W. *Chemical engineering's Hand Book, 6th ed.* McGraw Hill: New York.
- Perry, R.H., & Green, D.W. (1999). *Perry's Chemical Engineers Handbook, 7th Edition.* Mc-Graw Hill: New York.
- Perusahaan Daerah Air Minum. (2024). Tabel tarif pelanggan. Diakses pada 22 September 2024 dari <https://www.pdam-sby.go.id/read/tabel-tarif-pelanggan>
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.* 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Peters, M., & Timmerhaus, D. (1980). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (3rd eds) McGraw-Hill. New York.
- RS, N. R. D., Ni'mah, H., & Roesyadi, A. (2020). Studi Pendirian Pabrik Natrium Sulfat dengan Proses Mannheim. *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering (JFACHE)*, 1(1), 5-8.
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design And Economics.* John Wiley and Sons, New York.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1992 Tentang Kesehatan. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2008 Tentang Pajak Penghasilan.
- Van Ness, Smith. (2001). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, (6th edition). International edition, McGraw Hill Inc: Singapore.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment.* Newton: Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. (Ed.). (1999). *Chemical Properties Handbook* (1st Edition). McGraw-Hill Education

