

**PRARANCANGAN PABRIK *SODIUM THIOSULFATE*
PENTAHYDRATE DARI *SODIUM SULFITE* DAN SULFUR
KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus Perancangan Evaporator (EV-301)

(Skripsi)

Oleh :

NAUFAL PANGESTU UTOMO

1615041014



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK *SODIUM THIOSULFATE* *PENTAHYDRATE* DARI *SODIUM SULFITE* DAN *SULFUR* DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN (Perancangan Evaporator (EV-301))

Oleh

NAUFAL PANGESTU UTOMO

Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* berbahan baku *Sodium Sulfite* dan *Sulfur* direncanakan didirikan di Teluk Jambe Timur, Karawang, Jawa Barat. Pendirian pabrik didasarkan atas kebutuhan dalam negeri yang meningkat setiap tahun dan belum tersedianya pabrik yang memproduksi *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*.

Sodium Thiosulfate Pentahydrate merupakan produk industri kimia yang digunakan sebagai mordan dan *bleaching* pada industri tekstil, pencuci di bidang fotografi, reagen di laboratorium, sebagai bahan pengkelat, dan pada industri farmasi digunakan sebagai antidotum keracunan sianida

Pabrik direncanakan memproduksi *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* sebanyak 20.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengolahan dan penyedia air, unit penyedia *steam*, unit penyedia udara, dan unit pembangkit tenaga listrik.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 155 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 515.195.363.941,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 90.916.828.930,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 606.112.192.871,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 47 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 20 %
<i>Pay Out Time before Taxes</i>	(POT) _b = 3,17 tahun
<i>Pay Out Time after Taxes</i>	(POT) _a = 3,68 tahun
<i>Return on Investment before Taxes</i>	(ROI) _b = 18 %
<i>Return on Investment after Taxes</i>	(ROI) _a = 15 %
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF) = 19,89 %

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Sodium thiosulfate pentahydrate* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

ABSTRACT

MANUFACTURE OF SODIUM THIOSULFATE PENTAHYDRATE FROM SODIUM SULFITE AND SULFUR CAPACITY 20.000 TON/YEAR (Design of Evaporator (EV-301))

By

NAUFAL PANGESTU UTOMO

The Sodium Thiosulfate Pentahydrate plant made from Sodium Sulfite and Sulfur is planned to be built in Teluk Jambe Timur, Karawang, West Java. The establishment of the factory was based on domestic demand that increased every year and the absence of a factory producing Sodium Thiosulfate Pentahydrate.

Sodium Thiosulfate Pentahydrate is a chemical industrial product that is used as a mordant and bleaching in the textile industry, washing in the field of photography, a reagent in the laboratory, as a chelating agent, and in the pharmaceutical industry is used as an antidote for cyanide poisoning.

The factory is planned to produce 20,000 tons/year of Sodium Thiosulfate Pentahydrate, with an operating time of 24 hours/day, 330 days/year. The provision of factory utility needs consists of processing and water supply units, steam supply units, air supply units, and power generation units.

The form of the company is a Limited Liability Company (PT) using a line and staff organizational structure with a total of 155 employees.

From the economic analysis are obtained :

Fixed Capital Investment	(FCI)	= Rp 515.195.363.941,-
Working Capital Investment	(WCI)	= Rp 90.916.828.930,-
Total Capital Investment	(TCI)	= Rp 606.112.192.871,-
Break Even Point	(BEP)	= 47 %
Shut Down Point	(SDP)	= 20 %
Pay Out Time before Taxes	(POT) ^b	= 3,17 years
Pay Out Time after Taxes	(POT) ^a	= 3,68 years
Return on Investment before Taxes	(ROI) ^b	= 18 %
Return on Investment after Taxes	(ROI) ^a	= 15 %
Discounted Cash Flow	(DCF)	= 19,89 %

Considering the explanations above, it is appropriate that the establishment of the Sodium thiosulfate pentahydrate factory be studied further, because it is a plant that is profitable from an economic standpoint and has relatively good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM THIOSULFATE
PENTAHYDRATE DARI SODIUM SULFITE DAN SULFUR
KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus Perancangan Evaporator (EV - 301)

Oleh

NAUFAL PANGESTU UTOMO

1615041014

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : Prarancangan Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*
dari *Sodium Sulfite* dan Sulfur Kapasitas Produksi 20.000
Ton/Tahun
(Tugas Khusus Perancangan Evaporator (EV-301))

Nama Mahasiswa : Naufal Pangestu Utomo

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615041014

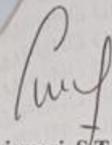
Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

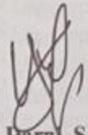


1. Komisi Pembimbing


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001


Lia Lismeri, S.T., M.T.
NIP. 198503122008122004

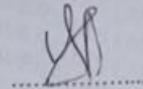
2. Ketua Jurusan


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

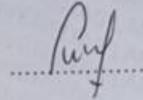
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Yuli Darni, S.T., M.T.

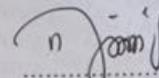


Sekretaris : Lia Lismeri, S.T., M.T.

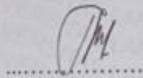


Penguji

Bukan pembimbing I : Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.



Bukan Pembimbing II : Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng.



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 6 Oktober 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 Oktober 2022



Naufal Pangestu Utomo

NPM. 1615041014

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pugung Raharjo pada tanggal 12 Februari 1998, putra pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sumarli dan Ibu Hayati.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 2 Serdang pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2016.

Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur SMMPTN 2016. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi sebagai staff Departemen Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila periode 2017 dan kepala Departemen Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila periode 2018.

Pada tahun 2020, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. PETROKIMIA GRESIK dengan Tugas Khusus “Evaluasi *High Temperature Shift Converter* pada Departemen Produksi - 1 B”. Penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Proses *Leaching* Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Berbagai Pelarut untuk Bahan Baku Biopellet Berkadar Kalium Rendah”.

Motto

*“Hasbunallahu Wa Ni’mal Wakeel Ni’mal Maula Wa
Ni’man Naseer”*

Sebuah Bukti Kecil Perjuanganku

Dengan segenap hari kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

Allah SWT

Atas Kehendak-NYA semua ini terjadi

Atas Rahmat-NYA semua ini aku dapatkan

Atas Kekuatan dari-NYA aku bisa tabah dan bertahan.

Orang tuaku sebagai tana baktiku, Terimakasih atas segalanya, Doa, Kasih Sayang, Pengorbanan, Kesabaran, dan Keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang yang tidak pernah berakhir

Adikku, terimakasih juga atas segalanya, kasih sayang dan doa

*Guru-guruku sebagai tanda hormatku,
Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan*

*Kepada Almamaterku tercinta,
Semoga kelak berguna dikemuidan hari.*

Semua sahabat, motivator, dan pemberi semangat saat pengerjaan skripsi ini

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Prarancangan Pabrik Prarancangan Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* dari *Sodium Sulfite* dan Sulfur Kapasitas Produksi 20.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung,
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus sebagai pembimbing penelitian saya, yang tidak kenal lelah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir saya.
3. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir saya.
4. Ibu Dr. Eng Dewi Agustina I, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng. sebagai dosen penguji, terimakasih atas segala ilmu, kritikan,

saran, nasehat dan koreksi terhadap tugas akhir saya, sehingga menjadi suatu karya yang lebih baik lagi.

5. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku dosen Pembimbing Kerja Praktik di Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Eng Dewi Agustina I, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Penelitian di Universitas Lampung.
7. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan membantu kelancaran dalam pengerjaan.
8. Keluargaku tercinta, Ibu dan Bapak yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, cinta, dan kasih sayangnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. *My sisters* Nadila Pangestika Utami yang tidak pernah bosan memberi do'a dan *support* selama ini. Terima kasih untuk selalu sabar menunggu hari wisudaku.
9. Rizkiyaa Oktavia, terimakasih sudah tidak pernah bosan memberikan semangat.
10. *Partner* kerja praktikku Yoga Riyanto, terimakasih selalu membuat merasa seperti di kampung halaman sendiri meskipun nyatanya kita sedang ada di negeri orang.
11. *Partner* penelitianku Ali Sakti Nasution, terimakasih banyak sudah menemani berminggu minggu menginap di *laboratorium* yang terkadang menjadi angker.
12. Kesayanganku Keluarga Teknik Kimia Angkatan 2016, *thanks for everyting guys*. Semangat *Guys* ayo runtuhin tembok yang menghalangi dalam meraih gelar S.T!

13. Adik-adik dan kakak-kakak tingkat di Jurusan Teknik Kimia, yang banyak memberikan cerita, pembelajaran, dan pengalaman selama berada di kampus.

14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga karya terbaik penulis ini dapat bermanfaat dan berguna bagi para pembacanya. Aamiin.

Bandar Lampung, 06 Oktober 2022

Penulis,

Naufal Pangestu Utomo

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRARANCANGAN PABRIK SODIUM THIOSULFATE PENTAHYDRATE DARI SODIUM SULFITE DAN SULFUR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	18
1.1. Latar Belakang	18
1.2. Kegunaan Produk	21
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	22
1.4. Analisis Pasar	23
1.5. Rancangan Kapasitas Produksi <i>Sodium Thiosulfate Pentahidrat</i>	25
1.6. Lokasi Pabrik	26
BAB II PEMILIHAN PROSES	30
2.1. Jenis-Jenis Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i>	30
2.2. Tinjauan Proses	32
2.3. Pemilihan Proses	45
2.4. Uraian Proses	47
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	51
3.1. Bahan Baku	51
3.1.1. <i>Sodium Sulfite</i> (Na_2SO_3)	51
3.1.2. <i>Sulfur</i> (S)	52

3.1.3. Air (H ₂ O).....	54
3.2. Produk.....	55
3.2.1. <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i> (Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O).....	55
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN	57
10.1. Kesimpulan	57
10.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. 1. Data Impor <i>Sodium thiosulfate pentahidrat</i> di Indonesia.....	23
Tabel 1. 2. Kapasitas Pabrik <i>Sodium Thiosulfate Pentahidrat</i> di Dunia	26
Tabel 2. 1. Harga ΔG Proses Pembentukan <i>Sodium Thiosulfate</i>	32
Tabel 2. 2. Harga ΔG Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan Sulfur	34
Tabel 2. 3. Indikasi ΔG	34
Tabel 2. 4. Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i>	35
Tabel 2. 5. BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> ..	36
Tabel 2. 6. Mol/jam Bahan Baku dan Produk untuk Pembentukan <i>Sodium</i> <i>Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	38
Tabel 2. 7. Massa Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	38
Tabel 2. 8. Harga Bahan Baku untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	39
Tabel 2. 9. BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> dengan Sulfur	40
Tabel 2. 10. Mol/jam Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium</i> <i>Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> dengan Sulfur	41

Tabel 2. 11. Perbandingan Keuntungan Antara Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan Sulfur dan Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	42
Tabel 2. 12. Nilai ΔH Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	43
Tabel 2. 13. Perbandingan Antara Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan Sulfur dan Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	45

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. 1. Grafik Data impor <i>sodium thiosulfate pentahidrat</i> di Indonesia tahun 2014-2019.....	24
--	----

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Sebagai negara berkembang, Indonesia banyak melakukan pembangunan di segala bidang, salah satunya adalah pembangunan industri. Industri kimia merupakan salah satu sektor industri yang sedang dikembangkan di Indonesia. Disamping itu, Indonesia memiliki potensi yang besar akan sumber daya mineral yang terkandung di dalamnya, Dengan sumber daya mineral yang melimpah inilah yang dapat digunakan di masa mendatang sebagai bahan baku sesuai dengan dasar konsepsi pengembangan industri kimia di Indonesia. Alasan pengembangan industri kimia di Indonesia ialah adanya peningkatan kebutuhan dalam negeri akan berbagai bahan penunjang di sektor industri.

Oleh karena itu diperlukan adanya pendirian pabrik-pabrik baru yang bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta dapat berorientasi pada ekspor bahan-bahan kimia. Salah satunya ialah pabrik *Sodium thiosulfat pentahidrat* atau disebut juga sebagai *hypo*, Selama ini Indonesia masih mengimpor *sodium thiosulfate pentahydrate* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Sodium thiosulfate atau *sodium hyposulfite* merupakan kristal hidrat dengan 5 molekul air yang terikat sehingga disebut *sodium thiosulfate pentahydrate*. *Sodium thiosulfate pentahydrate* mempunyai bermacam kegunaan di berbagai macam industri, diantaranya adalah digunakan untuk menghilangkan chlorine dari larutannya, digunakan untuk *bleaching pulp and paper*, dan digunakan untuk

ekstraksi perak dari bijihnya. Selain itu, *sodium thiosulfate pentahydrate* juga digunakan sebagai *fixer* dalam bidang fotografi, mordan dalam pencelupan tekstil, dan juga digunakan di bidang farmasi untuk *antidotum* pada keracunan sianida (Ullmann's 7th ed).

Perkembangan industri *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia cukup menjanjikan, dimana ditemukan bahwa penggunaan *sodium thiosulfate pentahydrate* cukup efektif dalam proses pencucian mineral emas. Pencucian mineral atau hasil tambang emas dengan menggunakan larutan *sodium thiosulfate pentahydrate* dapat mempercepat proses pemisahan emas dari impuritis, karena hasil ikatan berupa ion $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{-3}$ yang merupakan senyawa kompleks yang kuat. Selain itu, Industri *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia mempunyai perkembangan yang stabil, hal ini dapat dilihat dengan berkembangnya industri fotografi, pencucian chrome, industri tekstil, dan pengolahan limbah cair di Indonesia. *Sodium thiosulfate pentahydrate* juga banyak digunakan dalam industri farmasi, industri kertas, industri warna, dan industri penyamakan kulit.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, kebutuhan *sodium thiosulfate pentahydrat* di Indonesia rata-rata per tahunnya adalah sebesar 28.482 ton/tahun, periode 2014-2020. Sementara itu, Indonesia sampai saat ini masih belum memiliki pabrik *sodium thiosulfat pentahidrat*. Melihat data tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan akan *sodium thiosulfat pentahidrat* di Indonesia termasuk dalam kapasitas yang besar dan selalu melakukan impor dari negara lain. Ketergantungan impor *sodium thiosulfate pentahydrat* menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga diperlukan langkah yang konkret untuk penanggulangannya yaitu dengan

mendirikan pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia. Adapun faktor-faktor yang menjadi landasan pendirian pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* yaitu:

1. Indonesia adalah negara yang sangat luas. Saat ini industri kimia di Indonesia sedang mengalami perkembangan. Kebutuhan industri akan *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia ada dalam jumlah yang besar, namun pabrik yang memproduksi *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia masih belum ada, Sehingga tidak mampu memenuhi permintaan pasar yang besar dalam negeri.
2. Pendirian pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* ini akan menjadi pemasok utama kebutuhan dalam negeri serta mengurangi jumlah impor, yang berarti hal ini dapat menghemat devisa negara.
3. Dengan didirikannya pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate*, diharapkan dapat mendorong industri kimia di Indonesia secara umum.
4. Dari segi sosial dan ekonomi, dengan adanya pabrik ini dapat menyerap tenaga kerja dan secara tidak langsung dapat meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.
5. Saat ini di Indonesia masih belum memiliki pabrik yang memproduksi *sodium thiosulfate pentahydrate*, Namun hal ini berbanding terbalik dengan kebutuhan dalam negeri akan *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia yang setiap tahunnya mengalami peningkatan.

Berdasarkan faktor-faktor yang telah disebutkan diatas, maka pendirian pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia sangat diperlukan guna memenuhi kebutuhan dalam negeri yang setiap tahunnya terus meningkat.

1.2. Kegunaan Produk

Sodium thiosulfate pentahidrat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) memiliki berbagai macam kegunaan di berbagai bidang industri. Antara lain yaitu di, industri tekstil, industri fotografi, industri kertas, industri farmasi, industri penyamakan kulit, pencucian chrome, dan pengolahan limbah cair di Indonesia. Dari berbagai industri diatas diperkirakan persentase kegunaan produk *Sodium thiosulfate* mencapai 50% atau melebihi 50% untuk industri tekstil dan sisanya didistribusikan untuk digunakan di berbagai macam industri seperti, industri fotografi, industri *pulp* dan kertas, industri pertambangan, dan industri farmasi, Berikut ini merupakan beberapa kegunaan dari *Sodium thiosulfate pentahidrat* :

1. Pada industri tekstil digunakan sebagai pemutih (*bleaching*) dan sebagai *mordan* (senyawa yang digunakan untuk mengikat zat warna ke dalam serat) dalam pencelupan dan pencetakan tekstil.
2. Dalam bidang fotografi *sodium thiosulfat* digunakan sebagai bahan baku pencuci karena mudah menghancurkan perak bromida yang tereduksi di lapisan film membentuk campuran larutan kompleks perak *thiosulfate*
3. *Sodium thiosulfate pentahidrat* efektif dalam proses pencucian mineral emas.
4. Pada industri tambang digunakan untuk mengekstraksi perak dari bijihnya.
5. Sebagai peredam dalam pencelupan *chrome*.
6. Digunakan pada industri penyamakan kulit sebagai pereduksi yang mereduksi diklorat menjadi klor alum.

7. Sebagai reagen untuk keperluan analisis dan kimia organik di laboratorium.
8. Pada industri farmasi digunakan sebagai antidotum pada keracunan sianida dan digunakan juga dalam pembuatan obat anti tuberkulosis, serta sebagai antioksidan, dan
9. sebagai bahan pengkelat.

(Ullmann, 7th ed & SNI Na₂S₂O₃)

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan *Sodium thiosulfate pentahidrat* adalah *sodium sulfite* (Na₂SO₃) dan *Sulfur* (S). *Sulfur* dapat diperoleh dari perusahaan terbesar yang mengolah tambang-tambang sulfur di Indonesia, yaitu PT Yoshiutama Trading (Kemayoran, Jakarta) dengan kapasitas 15.000 ton/tahun (Alibaba.com) dan juga dapat diperoleh dari PT Indosulfur Mitra Kimia (Cibiru, Jawa Barat) dengan kapasitas produksi sebesar 2.400 ton/tahun (indosulfur.indonetwork.co.id). Selain itu *sulfur* juga bisa didapatkan dari PT Lautan Luas Tbk (Jakarta), dan PT Damar Murni Indah (Tangerang). Dalam perancangan pabrik ini dipilih sulfur dari PT Indosulfur Mitra Kimia Cibiru, Jawa Barat dengan komposisi sulfur 95%, air 4%, dan 1% nya berupa *ash*. Sedangkan *Sodium Sulfite* diperoleh dengan cara impor dari Zhuzhou Rongda Chemical Co.Ltd, China. Hal ini dikarenakan masih belum adanya pabrik di Indonesia yang memproduksi *Sodium Sulfite*.

1.4. Analisis Pasar

Kebutuhan *Sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia diperkirakan akan selalu meningkat karena penggunaannya cenderung besar dari berbagai macam industri, antara lain industri tekstil, industri fotografi, industri kertas, industri farmasi, industri pengolahan limbah cair di Indonesia, Serta masih ada lebih banyak lagi kegunaan dari *Sodium thiosulfate pentahidrat* terhadap bidang-bidang lainnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, Indonesia masih melakukan impor dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan *Sodium thiosulfate pentahidrat* dalam negeri. Berdasarkan data BPS, diketahui bahwa data impor *Sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia adalah sama dengan data kebutuhan *Sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia. Berikut ini adalah Tabel yang memuat data impor *Sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (2021).

Tabel 1. 1. Data Impor *Sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia

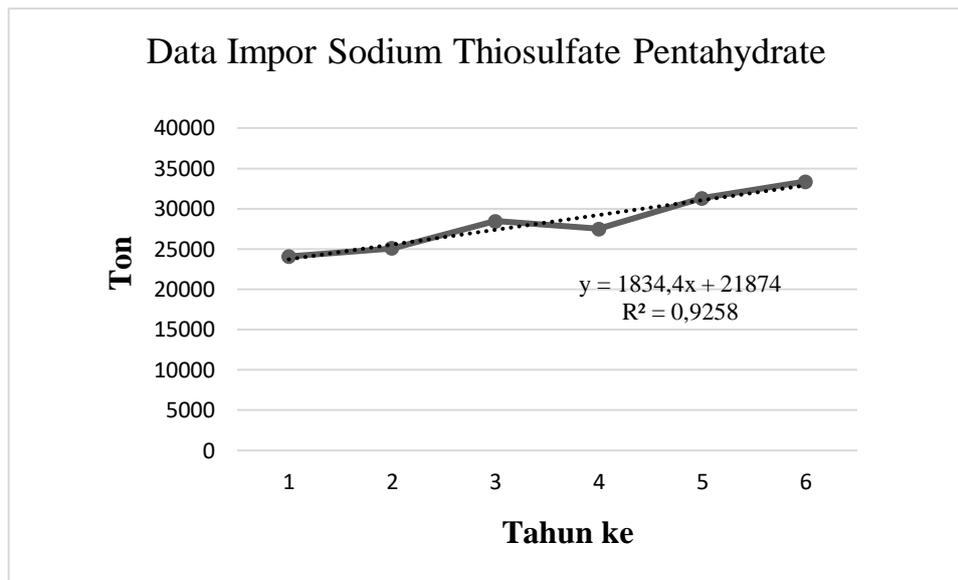
Tahun ke	Tahun	Jumlah (Ton)
1	2014	24.070,01
2	2015	25.075,96
3	2016	28.454,15
4	2017	27.505,00
5	2018	31.293,00
6	2019	33.370,00

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2014-2019)

Berdasarkan Tabel 1.1. di atas, dapat dilihat bahwa jumlah impor pada tahun 2014-2019 mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dikarenakan belum adanya pabrik *sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia, sedangkan kebutuhan akan *sodium thiosulfate pentahidrat* dalam negeri terus bertambah setiap tahunnya.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik, selama ini *sodium thiosulfate pentahidrat* yang didapatkan oleh Indonesia masih dari impor dari berbagai negara, diantaranya adalah China, Jepang, Korea Selatan, India, Singapura, Amerika Serikat, dan Germany.

Prarancangan pabrik *Sodium thiosulfate pentahidrat* direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027, sehingga untuk mengetahui kebutuhan *Sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia pada tahun tersebut maka dapat dibuat grafik berdasarkan data impor *Sodium thiosulfate pentahidrat* pada Tabel 1.1. sehingga pada grafik akan didapatkan persamaan yang diperoleh menggunakan metode *regresi linier* yang ditunjukkan pada gambar 1.1. berikut ini.



Gambar 1. 1. Grafik Data impor *sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia tahun 2014-2019

Berdasarkan data pada gambar 1.1. melalui metode regresi linier didapat:

$$y = ax + b$$

Dimana :

y = kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* (ton/tahun)

- x = tahun produksi
- a = slope
- b = intersept

Persamaan yang didapatkan yaitu $y = 1834,4x + 21874$ (Pers 1.1)

Pada gambar 1.1. tahun ke-1 dimulai dari tahun 2014, sehingga untuk menghitung kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* pada tahun 2027 adalah:

$$y = (1834,4 \times 14) + 21874$$

$$y = 47.555 \text{ ton}$$

Sehingga dapat diperkirakan kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* pada tahun 2027 akan meningkat menjadi 47.555 ton.

1.5. Rancangan Kapasitas Produksi *Sodium Thiosulfate Pentahidrat*

Untuk menentukan kapasitas produksi perlu memerhatikan kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia untuk beberapa tahun kedepan. Selain itu kita harus mengetahui dengan jelas kapasitas pabrik *sodium thiosulfate pentahidrat* yang sudah beroperasi di dalam negeri maupun di luar negeri. Di dalam negeri pabrik *sodium thiosulfate pentahidrat* belum ada yang beroperasi, Sedangkan di luar negeri pabrik yang telah memproduksi *sodium thiosulfate pentahidrat* dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut ini.

Tabel 1. 2. Kapasitas Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahidrat* di Dunia

Nama Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
Germany at Chemiewerse Bad, Germany	14.000
Hebei Doughceng Chemical, China	14.700
Aqua Chem, Industri, China	21.000
Tianjin Soda Plant, China	28.000

(Sumber : Pubchem.com)

Dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, pemenuhan kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* di Indonesia, Serta melihat dari kapasitas pabrik yang telah berdiri maka ditetapkan kapasitas rancangan produksi adalah sebesar 20.000 Ton/Tahun. Berdasarkan persamaan dari Gambar 1.1, yaitu didapat bahwa kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* pada tahun 2027 adalah sebesar 47.555 ton/tahun. Namun diketahui bersama bahwa pabrik *sodium thiosulfate pentahidrat* belum ada di Indonesia, Oleh karena itu dengan melihat faktor tersebut serta kebutuhan impor pada tahun 2027, Direncanakan pendirian pabrik *sodium thiosulfate pentahidrat* ini akan berkapasitas 20.000 ton/tahun atau kurang dari 50% dari kebutuhan impor yang dibutuhkan, sebagaimana tertulis pada Undang-undang Republik Indonesia No.5 Tahun 1999 Pasal 17 ayat 1 & 2 tentang Monopoli. Dengan kapasitas produksi ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* dalam negeri dan membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran dalam negeri.

1.6. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa pertimbangan baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Perencanaan penentuan lokasi pabrik

yang baik akan dapat menekan biaya produksi dan juga biaya distribusi pabrik. Berdasarkan beberapa faktor, pabrik *sodium thiosulfate pentahidrat* ini direncanakan akan didirikan di kecamatan Teluk Jambe Timur, Karawang. Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut adalah sebagai berikut:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku memegang peranan paling penting dalam proses produksi suatu pabrik. Lokasi yang dekat dengan penyediaan bahan baku akan lebih menghemat biaya transportasi. Dalam hal ini bahan baku sulfur diperoleh dari PT Indosulfur Mitra Kimia Cibiru, Jawa Barat. Sedangkan untuk bahan baku *sodium sulfite* akan diimpor langsung dari China yang dalam hal ini lokasi dekat dengan tempat pelabuhan bahan baku.

b. Daerah Pemasaran

sodium thiosulfate pentahidrat adalah produk yang digunakan dalam industri tekstil. Selain industri tekstil, bidang-bidang lainnya juga membutuhkan produk tersebut, antara lain adalah industri fotografi, industri penyamakan kulit, industri *pulp* dan kertas, dan juga industri farmasi serta digunakan untuk proses ekstraksi emas dan masih banyak lagi kegunaan dari *sodium thiosulfate pentahidrat*. Dengan didirikannya pabrik di daerah karawang, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *sodium thiosulfate* di pulau jawa dan sekitarnya.

c. Fasilitas Transportasi

Pabrik ini akan dibangun di sekitar kecamatan Teluk Jambe timur, Karawang. Untuk akses transportasi dapat ditempuh melalui jalur darat, yaitu

melalui jalan tol Jakarta-Cikampek. Kawasan ini juga merupakan kawasan industri yang berada di daerah karawang. Selain itu, Lokasi dekat dengan pelabuhan Tanjung Priok, dimana pelabuhan ini dapat digunakan sebagai pelabuhan transportasi produk ataupun bahan baku dari luar pulau maupun dari luar negeri.

d. Penyediaan bahan bakar dan energi

Kabupaten Karawang sebagian besar merupakan kawasan industri terpadu, sehingga penyediaan bahan bakar dan energi akan dengan mudah dapat dipenuhi.

e. Penyediaan utilitas

Penyediaan utilitas seperti air dan listrik perlu diperhatikan agar proses produksi bisa berjalan dengan baik. Air sangat diperlukan untuk kebutuhan proses, pendingin, sanitasi, dan lain sebagainya. Penyediaan air dipenuhi dengan penyediaan unit pengolahan air. Pasokan air dapat diperoleh dari Sungai Citarum, Jawa Barat.

f. Penyediaan tenaga kerja

Tenaga kerja yang digunakan dapat diperoleh dari penduduk yang bertempat tinggal di sekitar pabrik meliputi tenaga kerja tingkat bawah, menengah, dan atas. Dengan didirikannya pabrik ini, maka akan memperluas lapangan kerja dan mengurangi tingkat pengangguran baik dari penduduk sekitar maupun masyarakat Indonesia pada umumnya.

g. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perizinan pendirian pabrik. Pabrik yang didirikan harus jauh dari pemukiman penduduk dan tidak mengurangi lahan produktif pertanian agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Selain itu, lokasi pabrik harus memungkinkan untuk dilakukan pengembangan area pabrik. Hal ini berkaitan dengan kemungkinan pengembangan pabrik di masa yang akan datang.

BAB II PEMILIHAN PROSES

2.1. Jenis-Jenis Proses Pembuatan *Sodium Thiosulfate*

Berikut merupakan jenis-jenis proses pembuatan *sodium thiosulfate* berdasarkan beberapa paten antara lain :

2.1.1. Reaksi Antara *Sodium Carbonate* dan *Sulfur Dioxide*

Menurut patent (UNITED STATES Patent No. 1,570.253, 1926) *sodium thiosulfate* dapat dibuat dengan mereaksikan larutan *sodium sulfite* dengan padatan halus sulfur. Namun *sodium sulfite* perlu dibuat terlebih dahulu melalui proses reaksi antara *sodium carbonate* dengan *sulfur dioxide* di dalam reaktor gelembung untuk membentuk larutan *sodium sulfite*, sementara *sulfur dioxide* terlebih dahulu dibuat dengan melakukan pembakaran sulfur dengan oksigen di dalam *burner* dengan reaksi sebagai berikut:



Setelah larutan *sodium sulfite* terbentuk, kemudian dilanjutkan dengan mereaksikan larutan *sodium sulfite* dengan padatan halus *sulfur* pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) untuk menghasilkan *sodium thiosulfate* dengan reaksi sebagai berikut :



Reaksi dioperasikan pada suhu 80°C dapat menghasilkan konversi sebesar 99% dalam waktu 1 jam dengan rasio mol *sodium sulfite*, sulfur, dan air sebesar 1 : 4 : 22. Larutan *sodium thiosulfate* yang diperoleh kemudian di filtrasi serta dievaporasi agar didapat kemurnian larutan *sodium thiosulfate* yang diinginkan. Setelah itu masuk ke dalam *crystallizer* untuk dibentuk menjadi butiran kristal.

2.1.2. Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Berdasarkan paten (UNITED STATES Patent No. 1,219,819, 1917) proses pembuatan *sodium thiosulfate* dapat dilakukan dengan mereaksikan langsung *sodium sulfite* dengan sulfur. Reaksi tersebut sebagai berikut :



Reaksi ini dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan proses kontinyu. Padatan *sodium sulfite* dan sulfur dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan ditambahkan air sebagai pelarut *sodium sulfite* dan *sulfur*. Reaksi dioperasikan pada suhu 80°C dapat menghasilkan konversi sebesar 99% dalam waktu 1 jam dengan rasio mol *sodium sulfite*, sulfur, dan air sebesar 1 : 4 : 22.

Larutan *sodium thiosulfate* yang terbentuk kemudian masuk *evaporator* untuk mendapatkan kemurnian yang diinginkan dan dilanjutkan dengan proses kristalisasi agar menjadi butiran padat.

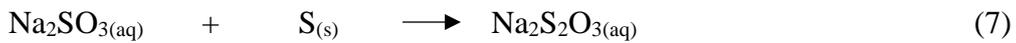
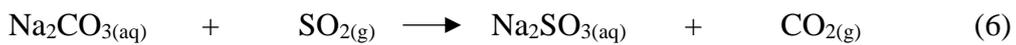
2.2. Tinjauan Proses

2.2.1. Tinjauan Termodinamika

Selain dari kondisi operasi, kelayakan dari sebuah proses di industri dapat ditinjau dari termodinamikanya dan dari keekonomian bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk yang diinginkan, dalam hal ini yaitu *sodium thiosulfate*.

2.2.1.1. Reaksi Antara *Sodium Carbonate* dan *Sulfur Dioxide*

Proses reaksi pembentukan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* adalah sebagai berikut :

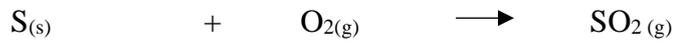


$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

Tabel 2. 1. Harga ΔG Proses Pembentukan Sodium Thiosulfate

Komponen	ΔG°_{298} (Kj/mol)
$\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)}$	-1051,6
$\text{SO}_{2(g)}$	-300,1
$\text{Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$	-1010,44
$\text{CO}_{2(g)}$	-311,08
$\text{S}_{(s)}$	0
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(aq)}$	-1046
$\text{O}_{2(g)}$	0

Reaksi 5 :



$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-300,1) - (0 + 0)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = -300,1 \text{ Kj/mol}$$

Reaksi 6 :



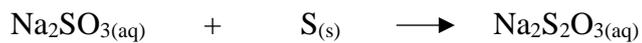
$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-1010,44 + (-311,08)) - (-1051,6 + (-300,1))$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-1321,52) - (-1351,7)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = 30,18 \text{ Kj/mol}$$

Reaksi 7 :



$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-1046) - (-1010,44 + (0))$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-1046) - (-1010,44)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = -35,56 \text{ Kj/mol}$$

2.2.1.2. Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Tabel 2. 2. Harga ΔG Proses Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Sulfite* Dengan Sulfur

Komponen	$\Delta G_f^{\circ}_{298}$ (Kj/mol)
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	-1010,44
$\text{S}_{(\text{s})}$	0
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	-1046

Sementara reaksi pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur adalah sebagai berikut :



$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-1046) - (-1010,44 + 0)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = (-1046) - (-1010,44)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = -35,56 \text{ Kj/mol}$$

Tabel 2. 3. Indikasi ΔG

Perubahan Energi Bebas	Indikasi
$\Delta G < 0 \text{ kj/mol}$	Reaksi baik
$0 < \Delta G < 50 \text{ kj/mol}$	Reaksi bisa saja baik
$\Delta G > 50 \text{ kj/mol}$	Reaksi tidak baik

2.2.2. Tinjauan Ekonomi

Kapasitas produksi yang dirancang pada pendirian pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* di tahun 2027 ini sebesar 20.000 ton/ tahun. Dalam satu tahun, pabrik dirancang untuk beroperasi selama 330 hari, maka kapasitas produksi untuk setiap $\frac{kg}{jam}$ sebesar :

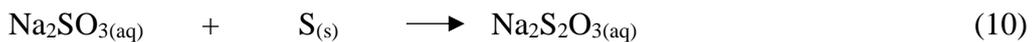
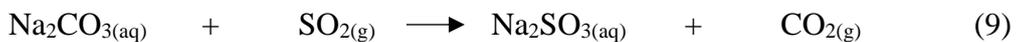
$$\frac{20.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} = \frac{2.525,2525 \text{ kg}}{\text{jam}}$$

Tabel 2. 4. Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate*

Komponen	Rupiah/kg
Na ₂ CO _{3(aq)}	940,76
Na ₂ SO _{3(aq)}	1.567,93
S _(s)	489,89
Na ₂ S ₂ O _{3(aq)}	20.241

2.2.2.1. Reaksi Antara *Sodium Carbonate* dan *Sulfur Dioxide*

Proses reaksi pembentukan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* adalah sebagai berikut :



Tabel 2. 5. BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate*

Komponen	BM (kg/mol)
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	0,1059888
$\text{SO}_2(\text{g})$	0,064066
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	0,126043
$\text{S}_{(\text{s})}$	0,032065
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	0,15811

Reaksi 10 :

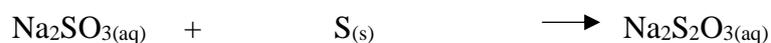
Untuk kapasitas produksi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sebesar $\frac{2.525,2525 \text{ kg}}{\text{jam}}$ dengan besar konversi reaksi antara $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ dan $\text{S}_{(\text{s})}$ sebesar 99% , maka jumlah mol/jam $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) &= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{2.525,2525 \text{ kg/jam}}{0,15811 \text{ kg/mol}} \\ &= 15.971,49 \text{ mol/ jam} \end{aligned}$$

Maka pada reaksi : $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{S}_{(\text{s})} \longrightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$

Diketahui jika rasio *sodium sulfite* : sulfur adalah 1 : 4 dengan konversi sebesar 99% terhadap *sodium sulfite*.

Maka diperoleh :



Mula-mula	16.132,72	64.531,27	-	
Bereaksi	15.971,49	15.971,49	15.971,49	mol/jam
Sisa	161,3281	48.559,78	15.971,49	mol/jam

Reaksi 9 :

Dari reaksi 10, diketahui jika dibutuhkan $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ sebanyak 161,3281 mol/jam, dan konversi reaksi antara $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ dengan $\text{SO}_2(\text{g})$ sebesar 80%, maka diperoleh :

	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	+	$\text{SO}_2(\text{g})$	\longrightarrow	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	+	CO_2
Mula-mula	20.166,02		20.166,02		-		-
Bereaksi	16.132,81		16.132,81		16.132,81		16.132,81
Sisa	4.033,20		4.033,20		16.132,81		16.132,81

Reaksi 8 :

Dari reaksi 9, diketahui jika dibutuhkan $\text{SO}_2(\text{g})$ sebanyak 20.166,02 mol/jam, dan konversi reaksi antara $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ dengan $\text{SO}_2(\text{g})$ sebesar 96,87%, maka diperoleh :

	$\text{S}_{(\text{s})}$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	\longrightarrow	SO_2
Mula-mula	20.817,61		20.817,61		-
Bereaksi	20.166,02		20.166,02		20.166,02
Sisa	651,59		651,59		20.166,02

Diperoleh mol/jam bahan baku dan produk yang dibutuhkan pada proses pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* sebagai berikut :

Tabel 2. 6. Mol/jam Bahan Baku dan Produk untuk Pembentukan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Komponen	Mol/jam
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	20.166,02
$\text{S}_{(\text{s})}$	85.348,89
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	1.5971,49

Massa yang dibutuhkan sebesar = mol/jam x BM

Massa Na_2CO_3 yang dibutuhkan = 20.166,02 mol/jam x 0,1059888 kg/mol
 = 2.137,37 kg/jam

Dengan cara yang sama diperoleh massa bahan baku dan produk untuk pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* sebagai berikut :

Tabel 2. 7. Massa Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Komponen	Kg/jam
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	2.137,37
$\text{S}_{(\text{s})}$	2.736,71
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	2.525,25

Maka, harga bahan baku untuk pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* yang dibutuhkan sebesar :

Harga untuk kapasitas produksi = Massa yang dibutuhkan x Harga per 1 kg

Harga Na₂CO₃ yang dibutuhkan = 2.137,37 kg/jam x 940,76 rupiah/kg
 = 2.010.756,28 rupiah/jam
 Dengan cara yang sama diperoleh harga bahan baku untuk pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* sebagai berikut :

Tabel 2. 8. Harga Bahan Baku untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Komponen	Rupiah/jam
Na ₂ CO _{3(aq)}	2.010.756,28
S _(s)	1.365.313,61
Total	3.376.069,90

Sedangkan untuk harga produk *sodium thiosulfate* sesuai dengan kapasitas produksi sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dihasilkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\ &= 2.525,25 \text{ kg/jam} \times 20.241 \text{ rupiah/jam} \\ &= 51.112.648,99 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

Maka, keuntungan yang diperoleh dari pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{harga produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= 51.112.648,99 \text{ rupiah/jam} - 3.376.069,90 \text{ rupiah/jam} \\ &= 47.736.579,08 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

2.2.2.2. Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Reaksi pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur adalah sebagai berikut :



Tabel 2. 9. BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Komponen	BM (kg/mol)
$\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}$	0,126043
$\text{S}_{(\text{s})}$	0,032065
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(\text{aq})}$	0,15811

Untuk kapasitas produksi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sebesar $\frac{2.525,25 \text{ kg}}{\text{jam}}$ dengan besar konversi reaksi antara $\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}$ dan $\text{S}_{(\text{s})}$ sebesar 99% , maka jumlah mol/jam $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{2.525,25 \text{ kg jam}}{0,15811 \text{ kg/mol}} \\ &= 15.971,49 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Diketahui jika rasio *sodium sulfite* : sulfur adalah 1 : 4 dengan konversi sebesar 99% terhadap *sodium sulfite*.

Diperoleh :					
	$\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}$	+	$\text{S}_{(\text{s})}$	\longrightarrow	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(\text{aq})}$
Mula-mula	16.132,72		64.531,27	-	
Bereaksi	15.971,49		15.971,49		15.971,49 mol/jam
Sisa	161,3281		48.559,78		15.971,49 mol/jam

Diperoleh mol/jam bahan baku dan produk yang dibutuhkan pada proses pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur sebagai berikut :

Tabel 2. 10. Mol/jam Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Komponen	Mol/jam
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	16.132,81
$\text{S}_{(\text{s})}$	64.531,27
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	15.971,49

Massa yang dibutuhkan sebesar = mol/jam x BM

Massa Na_2SO_3 yang dibutuhkan = 16.132,81 mol/jam x 0,126043 kg/mol
= 2.033,4290 kg/jam

Massa S yang dibutuhkan = 64.531,27 mol/jam x 0,032065 kg/mol
= 2.069,19 kg/jam

Maka, harga bahan baku untuk pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur yang dibutuhkan sebesar :

Harga untuk kapasitas produksi = Massa yang dibutuhkan x Harga per 1 kg

Harga Na_2SO_3 yang dibutuhkan = 2.033,4290 kg/jam x 1.567,93 rupiah/kg
= 3.188.283,47 rupiah/jam

Harga S yang dibutuhkan = 2.069,19 kg/jam x 498,89 rupiah/kg
= 1.032.297,30 rupiah/jam

Total = Harga Na_2SO_3 yang dibutuhkan + Harga S yang dibutuhkan
= 3.188.283,47 rupiah/jam + 1.032.297,30 rupiah/jam
= 4.220.580,78 rupiah/jam

Sedangkan untuk harga produk *sodium thiosulfate* sesuai dengan kapasitas produksi sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dihasilkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\ &= 2.525,25 \text{ kg/jam} \times 20.241 \text{ rupiah/jam} \\ &= 51.112.648,99 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

Maka, keuntungan yang diperoleh dari pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dan *sulfur* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{harga produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= 51.112.648,99 \text{ rupiah/jam} - 4.220.580,78 \text{ rupiah/jam} \\ &= 46.892.068,21 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

Berikut adalah data perbandingan keuntungan antara proses pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur dan melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* untuk kapasitas produksi 2.525,25 kg/jam .

Tabel 2. 11. Perbandingan Keuntungan Antara Proses Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Sulfite* Dengan Sulfur dan Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Jenis proses	Harga bahan baku	Harga produk	Keuntungan
Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	Rp 3.376.069,90	Rp 51.112.648,99	Rp 47.736.579,08
Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan Sulfur	Rp 4.220.580,78	Rp 51.112.648,99	Rp 46.892.068,21

2.2.3. Tinjauan ΔH Reaksi

Nilai ΔH komponen bahan baku dan produk dalam pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur dan melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* adalah sebagai berikut :

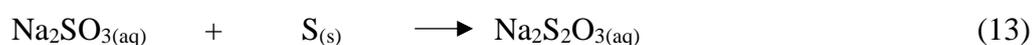
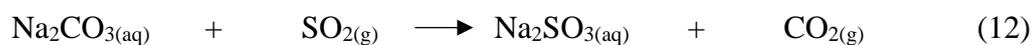
Tabel 2. 12. Nilai ΔH Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Komponen	Kj/mol
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	-1115,87
$\text{SO}_2(\text{g})$	-296,81
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	-1115,87
CO_2	-393,51
$\text{S}(\text{s})$	0
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	-1132,4
$\text{O}_2(\text{g})$	0

Berikut ini adalah perbandingan ΔH reaksi dari kedua proses pembuatan *sodium thiosulfate* :

2.2.3.1. Reaksi Antara *Sodium Carbonate* dan *Sulfur Dioxide*

Proses reaksi pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* adalah sebagai berikut :



$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$$

Reaksi 11 :



$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ SO}_2 - (\Delta H \text{ S} + \Delta H \text{ O}_2)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (-296,81) - (0 + 0)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = -296,81 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi 12 :



$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (\Delta H \text{ Na}_2\text{SO}_3 + \Delta H \text{ CO}_2) - (\Delta H \text{ Na}_2\text{CO}_3 + \Delta H \text{ SO}_2)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (-1115,87 + -393,51) - (-1115,87 + -296,81)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = -81,87 \text{ KJ/mol}$$

Reaksi 11 :



$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (\Delta H \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) - (\Delta H \text{ Na}_2\text{SO}_3 + \Delta H \text{ S})$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (-1132,4) - (-1115,87 + 0)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = -16,53 \text{ KJ/mol}$$

2.2.3.2. Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Proses reaksi pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* adalah sebagai berikut :



$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (\Delta H \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) - (\Delta H \text{ Na}_2\text{SO}_3 + \Delta H \text{ S})$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = (-1132,4) - (-1115,87 + 0)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = -16,53 \text{ KJ/mol}$$

2.3. Pemilihan Proses

Dari uraian jenis jenis proses dan seleksi proses pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur dan melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tabel 2. 13. Perbandingan Antara Proses Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Sulfite* Dengan Sulfur dan Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Kriteria	Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan Sulfur
Bahan Baku	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{l}), \text{O}_2(\text{g}), \text{S}_{(\text{s})}$	$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}), \text{S}_{(\text{s})}$
Fase Reaksi	Cair - gas – padat	Cair - padat
Reaktor	Reaktor gelembung, <i>burner</i> , dan RATB	RATB
Konversi	Reaksi 1 $\text{S}_{(\text{s})} + \text{O}_2(\text{g}) = 80\%$ Reaksi 2 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{g}) = 80\%$ Reaksi 3 $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}), \text{S}_{(\text{s})} = 99\%$	99%

Produk Samping	CO _{2(g)}	Tidak ada
ΔG ^o _{freaksi}	Reaksi 1 S _(s) + O _{2(g)} = -300,1 kJ/mol	
	Reaksi 2 Na ₂ CO _{3(aq)} + SO _{2(g)} = 30,18 kJ/mol	-35,56 KJ/mol
	Reaksi 3 Na ₂ SO _{3(aq)} , S _(s) = -35,56 kJ/mol	
Keuntungan	Rp 47.736.579,08, (untuk kapasitas 2.525,25 kg/jam)	Rp 46.892.068,21 (untuk kapasitas 2.525,25 kg/jam)
ΔHreaksi	Reaksi 1 S _(s) + O _{2(g)} = -296,81 kJ/mol	
	Reaksi 2 Na ₂ CO _{3(aq)} + SO _{2(g)} = -81,87 kJ/mol	-16,53 KJ/mol
	Reaksi 3 Na ₂ SO _{3(aq)} , S _(s) = -16,53 kJ/mol	
Temperatur	Reaksi 1 S _(s) + O _{2(g)} = 460°C	
Operasi	Reaksi 2 Na ₂ CO _{3(aq)} + SO _{2(g)} = 140°C	80°C
	Reaksi 3 Na ₂ SO _{3(aq)} , S _(s) = 80°C	

Melalui perbandingan di atas, maka proses yang dipilih adalah reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur dengan pertimbangan :

1. Reaktor yang digunakan hanya 1 jenis reaktor, yaitu RATB.
2. Reaksi dalam 2 fasa, dibandingkan dengan reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* yang melalui 3 fasa.
3. Konversi reaksi mencapai 99%.
4. Produk samping tidak ada, sehingga dapat meminimalisir adanya limbah.
5. Temperatur operasi pada suhu 80°C sementara reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* membutuhkan temperatur operasi yang lebih tinggi, yaitu 460°C untuk mendapatkan gas SO₂ dan sebesar 140°C untuk mendapatkan *sodium sulfite*.
6. Proses dengan menggunakan reaksi *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* lebih eksotermis sehingga membutuhkan lebih banyak pendingin untuk menjaga temperatur operasi.

2.3.1. Waktu Reaksi

Dengan berdasarkan buku Levenspiel, 1999 3rd Ed Ch Reaction (Chapter 25 “*Fluid-Particle Reactions : Kinetics*). Kinetika reaksi pembentukan *sodium thiosulfate* dari *sodium sulfite* dan *Sulfur* dapat diperoleh menggunakan persamaan *Shrinking-Core Model (SCM)*. Mekanisme reaksi model SCM ini digambarkan bahwa fluida cairan mendifusi ke permukaan partikel padat, kemudian mendifusi ke inti padatan untuk bereaksi.

Reaksi pembentukan *sodium thiosulfate* dari *sodium sulfite* dan *Sulfur* merupakan reaksi cair-padat atau heterogen. Adapun waktu reaksi cair-padat diperhitungan berdasarkan waktu mendifusinya dari zat cair *sodium sulfite* ke padatan sulfur (Levenspiel, 1976).

2.4. Uraian Proses

Proses pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium sulfite* dengan sulfur dapat dikelompokkan menjadi tiga tahap. Yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk.

2.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Sodium sulfite 95% diperoleh dari gudang penyimpanan bahan baku (GB-101), selanjutnya *sodium sulfite* disimpan di dalam *solid storage* (SS-101) untuk bisa diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-101) lalu diumpankan ke *bucket elevator* (BE-101) menuju *hopper feeder* (HF-101) untuk masuk ke *mixing tank* (MT-101) guna dilarutkan dengan air. Larutan *sodium sulfite* yang telah terbentuk dipanaskan dengan *heat exchanger* (HE-101) hingga mencapai suhu 80°C. Setelah

itu larutan *sodium sulfite* dialirkan menuju reaktor (RE-201) yang beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm.

Sulfur 95% diperoleh dari gudang penyimpanan bahan baku (GB-102), selanjutnya sulfur disimpan di dalam solid storage (SS-102) untuk bisa diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-102) lalu diumpankan ke *bucket elevator* (BE-102) menuju *hopper feeder* (HF-102) untuk masuk ke *rotary dryer* (RD-101) terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan air yang ada pada sulfur dengan menggunakan udara panas yang diperoleh dari *air heater* (AH-101) , sekaligus untuk mengkondisikan umpan masuk *sulfur* ke dalam reaktor (RE-201) yaitu pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm.

2.4.2. Tahap Reaksi

Larutan *sodium sulfite* dan padatan *sulfur* direaksikan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RE-201) selama 1 jam dengan suhu operasi 80°C dan tekanan 1 atm untuk menghasilkan *sodium thiosulfate*. Reaksi berlangsung secara eksotermis, sehingga diperlukan pendingin untuk menjaga suhu operasi tetap pada 80°C. Reaksi yang terjadi di dalam reactor (RE-201) adalah:



Larutan *sodium thiosulfate* yang terbentuk dialirkan menuju *centrifuge* (CF-301) untuk dipisahkan antara filtrat dan *cake* nya (padatan *sulfur*). Filtrat selanjutnya dialirkan menuju *evaporator* (EV-101) untuk memekatkan larutan dengan cara menguapkan kandungan air yang terkandung pada suhu 100°C dan

tekanan 1 atm sebelum masuk ke *crystallizer* (CR-301), sedangkan cake yang berupa padatan sulfur akan di *recycle* kembali ke dalam reaktor (RE-201).

2.4.3. Tahap Kristalisasi dan Pemurnian Produk

Keluaran *evaporator* (EV-301) adalah uap air dan *steam* serta larutan *sodium thiosulfate* jenuh. Larutan *sodium thiosulfate* jenuh selanjutnya dialirkan menuju *crystallizer* (CR-301) untuk diubah menjadi kristal *sodium thiosulfate pentahydrate* pada suhu 48°C dan tekanan 1 atm. selanjutnya, kristal *sodium thiosulfate pentahydrate* yang terbentuk di umpankan menuju *centrifuge* (CF-302) untuk dipisahkan antara kristal dan *mother liquor* nya, *slurry* yang belum terkonversi menjadi kristal, akan di *recycle* menuju *crystallizer* (CR-301) untuk dikonversi kembali menjadi kristal, dalam hal ini *slurry* yang di *recycle* akan berperan sebagai bibit kristal yang akan mempercepat pertumbuhan kristal *sodium thiosulfate pentahydrate*. Kristal *sodium thiosulfate pentahydrate* selanjutnya dialirkan menuju *rotary dryer* (RD-301) untuk meningkatkan kemurnian produk kristal *sodium thiosulfate pentahydrate* dengan mengurangi kadar air nya dengan menggunakan udara panas yang diperoleh dari *air heater* (AH-301). Kemurnian produk yang dihasilkan adalah 99% dengan *impurities* berupa *sulfite* dan *sulfate* 1% (Kirk & Othmer, 1964).

2.4.4. Bagging Unit

Produk kristal *sodium thiosulfate pentahydrate* selanjutnya diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-303) lalu diumpankan ke *bucket elevator* (BE-303) untuk masuk ke *solid storage* (SS-301) dan kemudian di distribusikan menuju

gudang penyimpanan produk (GP-301) untuk dipacking sebelum di distribusikan menuju konsumen.

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

Berikut ini adalah spesifikasi bahan baku untuk pembuatan *sodium thiosulfate pentahidrat* ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) serta produknya yang mencakup sifat fisik dan kimia dari bahan baku dan produk tersebut

3.1. Bahan Baku

3.1.1. *Sodium Sulfite* (Na_2SO_3)

a. Sifat fisik *Sodium sulfite*

Rumus molekul	: Na_2SO_3
Berat molekul	: 126,043 gr/mol
Titik leleh	: 500 °C (932 °F)
Titik didih	: 600 °C
Titik lebur	: 33,4 °C
Komposisi	: <i>Sodium sulfite</i> (95%) Air (5%)
Densitas	: 2,633 gr/cm ³
Indeks bias	: 1,565
<i>Solubility</i>	: 28 gr/ 100 gr H ₂ O (at 30 °C)
Fasa	: Padat (<i>powder</i>)
Toksisitas	: Higroskopis

Sifat fisik : Berwarna putih, berbentuk powder,
larut dalam air, dan tidak berbau

b. Sifat kimia *Sodium sulfite*

Larut dalam air dingin, air panas, gliserol, dan hampir tidak larut dalam alcohol. Tidak larut dalam amonia dan cairan klorin.

(Kirk & Othmer, 1964)

3.1.2. Sulfur (S)

a. Sifat fisik *Sulfur*

Rumus molekul : S
Berat molekul : 32,064 gr/mol
Wujud : Padat (bubuk ; ukuran *mesh*)
Titik leleh : 120° C
Titik didih : 444,6° C
Critical temperature : 1040° C
Critical pressure : 11,73 MPa
Critical volume : 2,48 mL/g
Densitas, 30° C (*solid phase*) : 2,07 gr/cm³
Komposisi : Sulfur (95%)
H₂O (4%)
Ash (1%) (PT Indosulfur Mitra
Kimia)
Refractive index, n_D¹¹⁸ : 1,929
Kapasitas panas : 0,18 kal/gr °C

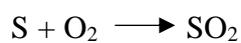
<i>Heat of Fusion</i>	: 1,727 kJ/mol
<i>Heat of Vaporation</i>	: 45 kJ/mol
Entalpi penguapan	: 278 j/g (400° C)
Viskositas, (120° C)	: 0,0017 Pa.s
Panas laten penguapan	: 308,6 J/g (at 200° C)
	289,3 J/g (at 300° C)
	286,4 J/g (at 400° C)
	287,6 J/g (at 420° C)
	290,1 J/g (at 440° C)
	293,1 J/g (at 460° C)
Ukuran bahan	: 100 <i>mesh</i>
<i>Solubility (cold water)</i>	: tidak larut
<i>Solubility (hot water)</i>	: tidak larut
Toksisitas	: <i>Flammable</i> , higroskopis
Sifat fisik	: Berwarna kuning dan berbentuk powder

b. Sifat kimia *Sulfur*

Pada temperature tinggi (2800 F) sulfur₍₁₎ Dengan udara membentuk SO₂

(*US Patent Production and Use Sulfur Dioxide*)

Reaksi pembentukan sulfur dioksida:



Dengan asam klorida dengan katalis Fe akan menghasilkan hydrogen sulfide

(Kirk & Othmer, 1964)

3.1.3. Air (H₂O)

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,02 gr/mol
Wujud	: Cair
Warna	: Jernih, tidak berbau
Kemurnian	: 100%
Titik beku, 1 atm	: 0° C
Titik didih, 1 atm	: 100° C
Densitas, 25° C	: 0,997 gr/cm ³
Viskositas, 25° C	: 0,8949 cP
Indeks bias	: 2,9
<i>Critical pressure</i>	: 217,66 atm
<i>Critical temperature</i>	: 374,15° C
Kapasitas panas	: 0,18 kal/gr °C
Panas penguapan, 100° C	: 285,89 kJ/mol
Panas pengembunan, 0° C	: 40,85 kJ/mol
ΔHf	: 285,890 kJ/mol
ΔGf	: 228,59 kJ.mol

(Kirk & Othmer, 1964)

3.2. Produk

3.2.1. Sodium Thiosulfate Pentahydrate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

a. Sifat fisik *Sodium thiosulfate pentahydrate* ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Rumus molekul	: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Berat molekul	: 248,18 g/mol
Titik leleh	: 48° C
Titik didih	: 143,034° C
Densitas	: 1,750 g/cm ³ : 1,670 g/cm ³ , (bentuk anhidrat)
<i>Refractive index, n_D²⁰</i>	: 1,4886
<i>Enthalphy of formation</i>	: 2601 kJ/mol
<i>Heat of solution in water, 25° C</i>	: -187 J/g
<i>Heat of formation, 25° C</i>	: -10,48 J/g
<i>Heat of fusion, 25° C</i>	: 200 J/g
<i>Heat of hydration, 18° C</i>	: 55,7 kJ/mol
<i>Specific heat solid</i>	: 1,84 J/g.K
<i>Specific heat molten salt</i>	: 2,38/g.K
Tekanan uap	: 1,33 kPa, (at 33° C) : 5,60 kPa (at 57° C) : 31,06 kPa (at 90° C) : 100,4 kPa (at 120° C)
<i>Solubility</i>	: 74,7 gr/100 gr H ₂ O (20° C) : 301,8 gr/100 gr H ₂ O (60° C)
<i>Main impurities</i>	: <i>sulfite & sulfate</i> (1%)

Wujud	: Kristal (granula)
<i>Crystal system</i>	: <i>monoclinic</i>
Sifat fisik berbau	: Tidak berwarna atau putih, tidak berbau
Toksisitas	: higroskopis
Kemurnian	: 99% (min) ; 99,9 % (max)

(Kirk & Othmer, 1964)

b. Sifat kimia *Sodium thiosulfate pentahydrate* ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

- Larut dalam minyak turpentine dan amoniak
- Tidak larut dalam alkohol
- Higroskopis, tidak beracun, tidak mudah menguap, mudah digunakan, harga ekonomis, berwarna putih, dan berbentuk kristal

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* dari *Sodium Sulfite* dan *Sulfur* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari segi pengadaan bahan baku, transportasi, pemasaran, dan lingkungan, maka pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* direncanakan berdiri di daerah kawasan industri Karawang, tepatnya di Kecamatan Teluk Jambe Timur, Karawang.
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut :
 - a. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 18% dan setelah pajak yaitu 15%
 - b. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 3,176 tahun dan 3,68 tahun setelah pajak.
 - c. *Break Even Point* (BEP) sebesar 47%, dimana rentang BEP standar antara 31 – 60%. Nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20%, yaitu dengan batasan kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti memproduksi karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian

- d. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 19,89%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2. Saran

Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* dari *Sodium Sulfite* dan *Sulfur* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut, baik dari segi proses maupun dari segi ekonominya,

DAFTAR PUSTAKA

- Bachus, L., & A, C. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*. Oxford : UK: Bachus Company, Inc.
- Banchero, J. T., & Walter, L. B. 1955. *Introduction to Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- BI. 2022. Kurs Mata Uang (online). Tersedia : bi.go.id. Diakses pada 15 Juni 2022.
- BPS. 2021. Data Impor *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*. Tersedia : sipeda.kemendag. Diakses pada 20 Juni 2021.
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operation 6th Edition*. New Jersey: Willey & Sons, Inc. Publisher.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. 1969. *Process Equipment Design 1st Edition*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Cabe, M. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering 4th Edition Vol. 2*. New York: McGraw-Hill.
- Couper, J.R., Hertz, D.W. & Smith, L.F., 2008. Process Economics. In Perry's Chemical Engineers' Handbook. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Fogler, H. S. 1999. *Element of Chemical Reaction Engineering 4th Edition*. New Jersey: Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Google Map. 2021. Area Karawang Jawa Barat. Diakses pada 20 September 2021.
- Hill, C.G.J., 1977. An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reator Design, Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Himmelblau, D. M., & Riggs, J. B. 1996. *Basic Principle and Calculation in Chemical Engineering*. Ney Jersey: Prentice Hall International Series.

- Holman, J. P. 2002. *Heat Transfer 9th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Hougen, O. A. 1960. *Chemical Process Principles*. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Jones, A. 2002. *Crystallization Process System 1st Edition*. Butterworth-Heinemann.
- Joshi, M. V., & Mahajani, V. V. 2000. *Process Equipment Design 3rd Editon*. Macmillan India Limited.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Tokyo: McGraw-Hill International Book Company.
- Kestin, J. K., & Correia, R. J. 1981. *Tables of Dynamic and Kinematic Viscosity of Aqueous*. Brown University: RI : 02912.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- McKetta, J. J., & A, C. W. 1978. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design Vol. 1*. New York: Marcel Decker Inc.
- Mullin, J. W. 2001. *Crystallization 4th Edition*. London: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineering' Handbook 7th*. New York: McGraw-Hill.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers 4th Edition*. Colorado: McGraw-Hill.
- Poling, B.E. et al., 2006. Physical and Chemical Data. In Perry's Chemical Engineers' Handbook's Chemical Engineers' Handbook. McGraw-Hill.

- Rase, H. F., & R., H. J. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1 : Principles and Techniques*. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Speight, J.G., 2002. *Chemical and Process Design Handbook I*, McGraw-Hill.
- Sinnott, R. K. 2005. *Chemical Engineering Design 4th Edition Volume 6*. Swensea: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass-Transfer Operations*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: Jhon Willey & Sons, Inc.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Kansas: Buterworth-Heinemann.
- Yaws, C. Y. 1996. *Handbook of Thermodynamic Diagrams Vol. 4*. Houston, Texas: Guf Publishing Company.