

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

Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201)

(Skripsi)

Oleh :

FEBIYANTORO BILAL AL-HUZAIFI

1755041002



**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 Reaktor (RE-201))

Oleh

FEBIYANTORO BILAL AL-HUZAIFI

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 mordant 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.

Kata kunci : Pabrik *Sodium thiosulfate pentahydrate*, *Sodium Sulfite*, dan *Sulfur*

ABSTRACT

MANUFACTURING OF SODIUM THIOSULFATE PENTAHYDRATE FROM SODIUM SULFITE AND SULFUR WITH CAPACITY 20.000 TON/YEAR (Design of Reactor (RE-201))

By

FEBIYANTORO BILAL AL-HUZAIFI

The Sodium Thiosulfate Pentahydrate plant made from Sodium Sulfite and Sulfur is planned to be built in Teluk Jambe Timur, Karawang, West Java. Factory establishment based on domestic demand which increases every year and the unavailability of plant to produce Sodium Thiosulfate Pentahydrate.

Sodium Thiosulfate Pentahydrate is a chemical industrial product that 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 to cyanide poisoning.

The factory plans to produce 20.000 ton/year of Sodium Thiosulfate Pentahydrate, with operation time 24 hours/day, 330 days/year. The provision of factory utility needs consist of processing and water supply units, steam supply unit, air supply units, and power generation units.

The form of the company is Limited Liability (LL) using line and staff organization structure with 155 employees.

From the economic analysis obtained :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 515.195.363.941,- <i>Working</i>
<i>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 years
<i>Pay Out Time after Taxes</i>	(POT) _a	= 3,68 years
<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

Considering the explanation, 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.

Keyword : Sodium thiosulfate pentahydrate plant, Sodium sulfite, and Sulfur

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

Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE - 201)

Oleh

FEBIYANTORO BILAL AL-HUZAIFI

1755041002

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 DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor 201 (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Febiyantoro Bilal Al-Huzaiifi**

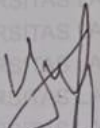
Nomor Pokok Mahasiswa : 1755041002

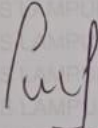
Jurusan : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

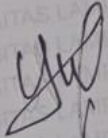


1. Komisi Pembimbing


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 1974 0712 2000 03 2 001


Lia Lismeri, S.T., M.T.
NIP. 1985 0312 2008 12 2 004

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

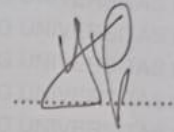

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 1974 0712 2000 03 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

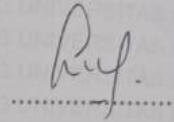
Ketua

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



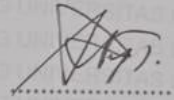
Sekretaris

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

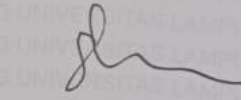


Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Azhar, M.T.**



Simparmin Br Ginting, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

NIP. 1975 0928 2001 12 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 September 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, 14 September 2022



Febiyantoro Bilal Al-Huzaifi

NPM. 1755041002

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jatimulyo, Lampung Selatan pada tanggal 8 Februari 2000, sebagai putra kedua dari 2 bersaudara, dari pasangan Bapak Iskandar dan Ibu Alfiah. Penulis menyelesaikan pendidikan sebelumnya di TK Al - Azhar 6 Jatimulyo pada tahun 2005, Sekolah Dasar Negeri 1 Jatimulyo

pada tahun 2011, Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 12 Bandar Lampung

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPN).

Pada tahun 2020, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT PUPUK SRIWIDJAJA Palembang – Sumatera Selatan dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *High Temperature Shift Converter* (104-D1) di unit PUSRI-IIB (Konversi Reaksi, Rasio *Steam to Carbon*, dan *Energy Balance*)”.

Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Waktu Pengeringan dan Waktu Ekstraksi Pada Ekstraksi Minyak atsiri Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Menggunakan Metode *Microwave-Assisted Hydrodistillation*”.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan, diantaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2018 dan 2019 sebagai Staff Divisi *Study Chemical Engineering Tools* (SCET) dan pada periode 2019 sebagai Kepala Departemen Riset, serta sebagai Staff Departemen Pengembangan Diri periode 2018 dan Staff Biro Usaha Mandiri periode 2019 Forum Silaturahmi Studi Islam (FOSSI FT UNILA). Pada tahun 2019 penulis terpilih sebagai finalis

pada lomba LKTIN *Engineering Festival and Competition* 2019 di Politeknik Sriwijaya dan finalis lomba ESSAY *Chemical Engineering Earth Festival IV* pada tahun 2020 yang diselenggarakan di Universitas Syiah Kuala. Selain itu, Penulis pernah menjadi Assisten Praktikum mata kuliah Kimia Terapan pada bulan September- Desember tahun 2021.

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 .

Gelar Sarjana Teknik Kimia ini kupersembahkan hanya untukmu.

Kakak dan adik ku atas segalanya, kasih sayang dan doa

Dosen-dosen saya sebagai tanda hormat saya

Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan

Semua motivator dan penyemangat selama pengerjaan skripsi ini

Kepada Almamaterku tercinta,

Semoga ilmu yang saya peroleh di Universitas Lampung ini mampu berguna dikemuidan hari.

AAMIIN

Motto Dan Persembahan

“Tidak ada daya dan upaya kecuali dengan pertolongan Allah”

(HR. Al-Bukhari)

*”Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada
dijalan Allah hingga ia pulang”*

(HR: Tarmidzi)

*“Allah SWT tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan
kesanggupannya”*

(Qs. Al-Baqarah : 286)

*”Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Maka apabila engkau telah
selesai (dari sesuatu urusan) tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain”*

(Qs. Al-Insyirah : 6-7)

*“Yakinlah, ada sesuatu yang menanti selepas banyak kesabaran yang dijalani,
hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit”*

(Ali bin Abi Thalib)

*“Sesudah kesulitan pasti akan datang kemudahan, katanya. Tapi gak sesulit ini
juga dong hehehehe. Semangat terus ya, usaha keras tak akan mengkhianati”*

(AKU)

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “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. Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang tidak kenal lelah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir.
3. Lia Lismeri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang tidak kenal lelah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir.

4. Ir. Azhar, M.T. dan Simparmin Br Ginting, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji, terimakasih atas segala ilmu, kritikan, saran, nasihat dan koreksi terhadap tugas akhir ini, sehingga menjadi suatu karya yang lebih baik lagi.
5. Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktik.
6. Muhammad Hanif, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Penelitian.
7. Simparmin Br Ginting, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia, Terimakasih telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan membantu kelancaran dalam pengerjaan.
9. Keluargaku tercinta, Ibu dan Bapak yang selalu memberikan doa, semangat, nasihat, motivasi, cinta, dan kasih sayangnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
10. Naufal Pangestu Utomo selaku partner seperjuangan skripsi yang dalam suka dan duka telah saling membantu, menyemangati, bekerja sama dengan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Jimmi, Swarna, dan Levi Terimakasih telah menjadi teman terbaik selama proses perjuangan penulis mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia ini. Semangat Tim Panitia Hahaha.
12. Indah, Rima, Espi, Kiki Terimakasih telah menjadi teman berbagi cerita mengenai suka dan duka dalam pengerjaan tugas akhir ini dan tentunya dunia perkuliahan.
13. Para suhu Mabeshood dan para pengikutnya: Bro Ashari, Alfred, Heri, Fikri, Zaman, Didi, Ciu, Memet, Fida, Agta, Topan, Jimmi, Rian, Swag, and the last one bro Levi. Terimakasih telah menjadi bagian cerita dari perjalanan yang tidak mudah selama ada di Gedung L Teknik Kimia ini. Semangat Brooo.

14. Kak Jeri, Kak Adhit, dan Kak Sigit, Terimakasih telah menjadi tempat berdiskusi selama proses pengerjaan tugas akhir yang sungguh menguras batin ini.
15. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2017 : Ria, Disa, Chindy, Bela, Memet, Fida, Anggun, Rian, Rima, Ferin, Helen, Bunga, Esha, Tiara, Didi, Atika, Levi, Jimmi, Rifki, Annisa, Heri, Topan, Indah, Ayu, Ashari, Kiki, Alfred (KomTi), Zahra, Beti, Fadhilah, Fikri, Swarna, Zaman, Espi, Fenti, Wildan, Fika, Adel, Ester, Agta, dan Nazal. Terimakasih untuk segala suka dan duka selama ada di Tekim. Semangat kawan, Ayooo runtuhin tembok yang menghalangi dalam meraih gelar S.T. *See You on Top Guyss!!!*
16. Adik-adik angkatan 2018, 2019, 2020, dan 2021 dan kakak-kakak tingkat 2016, 2015, 2014, 2013, dan 2012 di Jurusan Teknik Kimia, yang banyak memberikan cerita, pembelajaran, dan pengalaman selama berada di kampus.
17. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini
18. Kamu di masa depan, tugas akhir ini kupersembahkan untukmu, *see you when i see you.*

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

Bandar Lampung, 22 September 2022

Penulis,

Febiyantoro Bilal Al-Huzaifi

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	4
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	5
1.4. Analisis Pasar	6
1.5. Rancangan Kapasitas Produksi <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i>	9
1.6. Lokasi Pabrik	11
 BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1. Jenis-jenis Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i>	14
2.1.1. Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> dengan SO_2	14
2.1.2. Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> dengan Sulfur	15
2.2. Tinjauan Proses	16

2.2.1. Tinjauan Termodinamika	16
2.2.1.1. Reaksi antara <i>Sodium Carbonate</i> dengan SO ₂	16
2.2.1.2. Reaksi antara <i>Sodium Sulfte</i> dengan Sulfur	18
2.2.2. Tinjauan Ekonomi.....	19
2.2.2.1. Reaksi antara <i>Sodium Carbonate</i> dengan SO ₂	19
2.2.2.2. Reaksi antara <i>Sodium Sulfte</i> dengan Sulfur	25
2.2.3. Tinjauan ΔH Reaksi	29
2.2.3.1. Reaksi antara <i>Sodium Carbonate</i> dengan SO ₂	30
2.2.3.2. Reaksi antara <i>Sodium Sulfte</i> dengan Sulfur	31
2.3. Pemilihan Proses	31
2.3.1. Mencari Harga K	33
2.3.2. Konstanta Kecepatan Reaksi	33
2.4. Uraian Proses	34
2.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku	34
2.4.2. Tahap Reaksi	35
2.4.3. Tahap Kristalisasi dan Pemurnian Produk	36
2.4.4. <i>Bagging</i> Unit	36

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku.....	37
3.1.1. <i>Sodium Sulfite</i>	37
3.1.2. Sulfur.....	38
3.1.3. Air	40
3.2. Produk	41
3.2.1. <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i>	41

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1. Neraca Massa	43
4.2. Neraca Energi	50

BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES DAN UTILITAS

5.1. Spesifikasi Alat Unit Proses	58
5.1.1. Gudang Bahan Baku Na ₂ SO ₃ (GB-101)	58
5.1.2. <i>Solid Storage</i> (SS-101)	59
5.1.3. <i>Screw Conveyor</i> (SC-101)	60
5.1.4. <i>Bucket Elevator</i> (BE-101)	61
5.1.5. <i>Hopper Feeder</i> (HF-101)	62
5.1.6. <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	63
5.1.7. Pompa Proses (PP-101)	64
5.1.8. <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	65
5.1.9. Pompa Proses (PP-102).....	67
5.1.10. Gudang Bahan Baku Sulfur (GB-101)	68
5.1.11. <i>Solid Storage</i> (SS-102)	69
5.1.12. <i>Screw Conveyor</i> (SC-102)	70
5.1.13. <i>Bucket Elevator</i> (BE-102)	71
5.1.14. <i>Hopper Feeder</i> (HF-102)	72
5.1.15. <i>Rotary Dryer</i> (RD-101)	73
5.1.16. <i>Screw Conveyor</i> (SC-103).....	74
5.1.17. <i>Bucket Elevator</i> (BE-103)	75
5.1.18. Reaktor (RE-201)	76
5.1.19. Pompa Proses (PP-201).....	77

5.1.20. <i>Centrifuge</i> (CF-301)	78
5.1.21. Pompa Proses (PP-301).....	79
5.1.22. Pompa Proses (PP-302).....	80
5.1.23. <i>Evaporator</i> (EV-301)	81
5.1.24. Pompa Proses (PP-303).....	82
5.1.25. <i>Crystallizer</i> (CR-301)	83
5.1.26. <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	84
5.1.27. <i>Bucket Elevator</i> (BE-301)	85
5.1.28. <i>Centrifuge</i> (CF-302).....	86
5.1.29. Pompa Proses (PP-304).....	87
5.1.30. <i>Screw Conveyor</i> (SC-302).....	88
5.1.31. <i>Bucket Elevator</i> (BE-302)	89
5.1.32. <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	90
5.1.33. <i>Screw Conveyor</i> (SC-303).....	91
5.1.34. <i>Bucket Elevator</i> (BE-303)	92
5.1.35. <i>Solid Storage</i> (SS-301)	93
5.1.36. Gudang Produk $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (GP-301)	94
5.1.37. <i>Air Heater</i> (AH-101)	95
5.1.38. <i>Air Heater</i> (AH-301).....	96
5.1.39. <i>Fan</i> (F-101)	97
5.1.40. <i>Fan</i> (F-301)	98
5.2. Spesifikasi Alat Unit Utilitas	99
5.2.1. Unit Penyedia Air	99
5.2.1.1. Bak Sedimentasi (BS-401)	99

5.2.1.2. <i>Dissolving Tank Alum</i> (DT-401)	100
5.2.1.3. <i>Dissolving Tank NaOH</i> (DT-402)	101
5.2.1.4. <i>Dissolving Tank Kaporit</i> (DT-403)	102
5.2.1.5. <i>Clarifier</i> (CL-401)	103
5.2.1.6. <i>Sand Filter</i> (SF-401)	104
5.2.1.7. <i>Tangki Air Filter</i> (ST-404)	105
5.2.1.8. <i>Tangki Penyimpanan Air Domestik</i> (DWT-401)	106
5.2.1.9. <i>Tangki Air Hydrant</i> (HWT-401)	107
5.2.1.10. <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	108
5.2.1.11. <i>Cold Basin</i> (CB-401)	109
5.2.1.12. <i>Tangki Asam Sulfat</i> (ST-405)	110
5.2.1.13. <i>Tangki Dispersant</i> (ST-406).....	111
5.2.1.14. <i>Tangki Inhibitor</i> (ST-407).....	112
5.2.1.15. <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	113
5.2.1.16. <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	114
5.2.1.17. <i>Demin Water Tank</i> (ST-408).....	115
5.2.2. <i>Unit Penyedia Steam</i>	116
5.2.2.1. <i>Deaerator</i> (DA-501)	116
5.2.2.2. <i>Tangki Hidrazin</i> (ST-501)	117
5.2.2.3. <i>Boiler</i> (BO-501)	118
5.2.2.4. <i>Tangki Bahan Bakar</i> (ST-502)	119
5.2.2.5. <i>Blower Steam</i> (BS-501)	120
5.2.3. <i>Unit Penyedia Udara Instrumen</i>	121
5.2.3.1. <i>Air Dryer</i> (AD-601)	121

5.2.3.2. <i>Air Compressor</i> (AC-601).....	121
5.2.3.3. <i>Cyclone</i> (CYC-601)	122
5.2.3.4. Blower Udara (BU-601)	123
5.2.3.5. Blower Udara (BU-602)	123
5.2.3.6. Blower Udara (BU-603)	124
5.2.3.7. Blower Udara (BU-604)	124
5.2.4. Unit Penyedia Listrik	125
5.2.4.1. <i>Generator Listrik</i> (GS-401)	125
5.2.4.2. Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Generator (ST-409).....	125
5.2.5. Pompa Utilitas	127
5.2.5.1. Pompa Utilitas (PU-401)	127
5.2.5.2. Pompa Utilitas (PU-402)	127
5.2.5.3. Pompa Utilitas (PU-403)	128
5.2.5.4. Pompa Utilitas (PU-404)	129
5.2.5.5. Pompa Utilitas (PU-405)	130
5.2.5.6. Pompa Utilitas (PU-406)	130
5.2.5.7. Pompa Utilitas (PU-407)	131
5.2.5.8. Pompa Utilitas (PU-408)	132
5.2.5.9. Pompa Utilitas (PU-409)	133
5.2.5.10. Pompa Utilitas (PU-410)	133
5.2.5.11. Pompa Utilitas (PU-411)	134
5.2.5.12. Pompa Utilitas (PU-412)	135
5.2.5.13. Pompa Utilitas (PU-413)	136
5.2.5.14. Pompa Utilitas (PU-414)	136

5.2.5.15. Pompa Utilitas (PU-415)	137
5.2.5.16. Pompa Utilitas (PU-416)	138
5.2.5.17. Pompa Utilitas (PU-417)	139
5.2.5.18. Pompa Utilitas (PU-418)	139
5.2.5.19. Pompa Utilitas (PU-419)	140
5.2.5.20. Pompa Utilitas (PU-501)	141
5.2.5.21. Pompa Utilitas (PU-502)	142
5.2.5.22. Pompa Utilitas (PU-503)	143

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Penyedia Air	145
6.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	160
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik	161
6.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	162
6.5. Unit Penyediaan Udara Instrumen	162
6.6. Unit Pengolahan Limbah	162
6.7. Laboratorium	163
6.8. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	167

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik	170
7.2. Tata Letak Pabrik	174
7.3. Tata Letak Peralatan Proses	178
7.4. Estimasi Area Lingkungan Pabrik	181
7.5. Sistem Distribusi dan Pemasaran	182

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

8.1. <i>Project Master Schedule</i>	183
8.2. Bentuk Perusahaan	186
8.3. Struktur Organisasi Perusahaan	189
8.4. Tugas dan Wewenang	192
8.5. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	200
8.6. Manajemen Produksi	213

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	217
9.2. Evaluasi Ekonomi	222
9.3. Angsuran Pinjaman	225
9.4. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	225

BAB X KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan	227
10.2. Saran	228

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i> di Indonesia.....	7
Tabel 1.2. Kapasitas Pabrik <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i> di Dunia	10
Tabel 2.1. Harga ΔG Proses Pembentukan <i>Sodium Thiosulfate</i>	16
Tabel 2.2. Harga ΔG Proses Pembentukan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi <i>Na₂SO₃</i> dan Sulfur	18
Tabel 2.3. Indikasi ΔG	18
Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk Untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i>	19
Tabel 2.5. BM Bahan Baku dan Produk Untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i>	20
Tabel 2.6. Mol/jam Bahan Baku dan Produk untuk Pembentukan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	22
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>	23
Tabel 2.8. Harga Bahan Baku untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	24

Tabel 2.9. BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan <i>Sulfur</i>	25
Tabel 2.10. Mol/jam Bahan Baku dan Produk untuk Pembentukan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan <i>Sulfur</i>	26
Tabel 2.11. Perbandingan Keuntungan Antara Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan <i>Sulfur</i> dan Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	28
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>	29
Tabel 2.13. Perbandingan Antara Proses Pembuatan <i>Sodium Thiosulfate</i> Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan <i>Sulfur</i> dan Melalui Reaksi Antara <i>Sodium Carbonate</i> Dan <i>Sulfur Dioxide</i>	31
Tabel 4.1. Komposisi Bahan Baku <i>Sodium Sulfite</i>	44
Tabel 4.2. Komposisi Bahan Baku <i>Sulfur</i>	44
Tabel 4.3. Komposisi Produk <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i>	44
Tabel 4.4. Berat Molekul Komponen.....	45
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	45
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-101)	46
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Reaktor</i> (RE-201)	46
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-301)	47
Tabel 4.9. Neraca Massa <i>Evaporator</i> (EV-301).....	47

Tabel 4.10. Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	48
Tabel 4.11. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-302).....	48
Tabel 4.12. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	49
Tabel 4.13. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	53
Tabel 4.14. Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD-101)	53
Tabel 4.15. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	54
Tabel 4.16. Neraca Energi <i>Reaktor</i> (RE-201)	54
Tabel 4.17. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-301)	55
Tabel 4.18. Neraca Energi <i>Evaporator</i> (EV-301).....	55
Tabel 4.19. Neraca Energi <i>Crystallizer</i> (CR-301)	56
Tabel 4.20. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-302)	56
Tabel 4.21. Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	57
Tabel 4.22. Neraca Energi <i>Air Heater</i> (AH-101)	57
Tabel 4.23. Neraca Energi <i>Air Heater</i> (AH-301)	57
Tabel 5.1. Spesifikasi Gudang Bahan Baku Na_2SO_3 (GB-101)	58
Tabel 5.2. Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SS-101).....	59
Tabel 5.3. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101).....	60
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	61
Tabel 5.5. Spesifikasi <i>Hopper Feeder</i> (HF-101)	62
Tabel 5.6. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	63
Tabel 5.7. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	64
Tabel 5.8. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	65
Tabel 5.9. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	67

Tabel 5.10. Spesifikasi Gudang Bahan Baku Sulfur (GB-102).....	68
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SS-102).....	69
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-102).....	70
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102)	71
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Hopper Feeder</i> (HF-102)	72
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-101).....	73
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-103).....	74
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-103)	75
Tabel 5.18. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	76
Tabel 5.19. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	77
Tabel 5.20. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-301).....	78
Tabel 5.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	79
Tabel 5.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....	80
Tabel 5.23. Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-301).....	82
Tabel 5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303).....	82
Tabel 5.25. Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-301)	83
Tabel 5.26. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	84
Tabel 5.27. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301)	85
Tabel 5.28. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-302).....	86
Tabel 5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304).....	87
Tabel 5.30. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-302).....	88
Tabel 5.31. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-302).....	89
Tabel 5.32. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	90

Tabel 5.33. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-303).....	91
Tabel 5.34. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-303)	92
Tabel 5.35. Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SS-301).....	93
Tabel 5.36. Spesifikasi Gudang Produk $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (GP-301).....	94
Tabel 5.37. Spesifikasi <i>Air Heater</i> (AH-101).....	95
Tabel 5.38. Spesifikasi <i>Air Heater</i> (AH-301).....	96
Tabel 5.39. Spesifikasi Fan (F-101).....	97
Tabel 5.40. Spesifikasi Fan (F-301).....	98
Tabel 5.41. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	99
Tabel 5.42. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT-401)	100
Tabel 5.43. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT - 402).....	101
Tabel 5.44. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT- 403)	102
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-401).....	103
Tabel 5.46. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	104
Tabel 5.47. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST - 404)	105
Tabel 5.48. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Domestik (DWT-401).....	106
Tabel 5.49. Spesifikasi <i>Hydran Water Tank</i> (HWT-401)	107
Tabel 5.50. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	108
Tabel 5.51. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	109
Tabel 5.52. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405)	110
Tabel 5.53. Spesifikasi Tangki <i>Dispersant</i> (ST-406)	111
Tabel 5.54. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407)	112
Tabel 5.55. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	113

Tabel 5.56. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	114
Tabel 5.57. Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-408)	115
Tabel 5.58. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-501)	116
Tabel 5.59. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-501).....	117
Tabel 5.60. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501)	118
Tabel 5.61. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-502)	119
Tabel 5.62. Spesifikasi Blower <i>Steam</i> (BS-501)	120
Tabel 5.63. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601)	121
Tabel 5.64. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-601)	121
Tabel 5.65. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-601)	122
Tabel 5.66. Spesifikasi Blower Udara (BU-601).....	123
Tabel 5.67. Spesifikasi Blower Udara (BU-602).....	123
Tabel 5.68. Spesifikasi Blower Udara (BU-603)	124
Tabel 5.69. Spesifikasi Blower Udara (BU-604).....	124
Tabel 5.70. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401)	125
Tabel 5.71. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar Generator (ST-409).....	125
Tabel 5.72. Pompa Utilitas (PU-401)	127
Tabel 5.73. Pompa Utilitas (PU-402)	127
Tabel 5.74. Pompa Utilitas (PU-403)	128
Tabel 5.75. Pompa Utilitas (PU-404)	129
Tabel 5.76. Pompa Utilitas (PU-405)	130
Tabel 5.77. Pompa Utilitas (PU-406)	130
Tabel 5.78. Pompa Utilitas (PU-407)	131

Tabel 5.79. Pompa Utilitas (PU-408)	132
Tabel 5.80. Pompa Utilitas (PU-409)	133
Tabel 5.81. Pompa Utilitas (PU-410)	133
Tabel 5.82. Pompa Utilitas (PU-411)	134
Tabel 5.83. Pompa Utilitas (PU-412)	135
Tabel 5.84. Pompa Utilitas (PU-413)	136
Tabel 5.85. Pompa Utilitas (PU-414)	136
Tabel 5.86. Pompa Utilitas (PU-415)	137
Tabel 5.87. Pompa Utilitas (PU-416)	138
Tabel 5.88. Pompa Utilitas (PU-417)	139
Tabel 5.89. Pompa Utilitas (PU-418)	139
Tabel 5.90. Pompa Utilitas (PU-419)	140
Tabel 5.91. Pompa Utilitas (PU-501)	141
Tabel 5.92. Pompa Utilitas (PU-502)	142
Tabel 5.93. Pompa Utilitas (PU-503)	143
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Untuk <i>General Uses</i>	146
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Untuk Pembangkit Steam	147
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin	149
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Proses	152
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Hydrant	152
Tabel 6.6. Kebutuhan Air Total	153
Tabel 6.7. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	168
Tabel 6.8. Pengendalian Variabel Utama Proses	169

Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik <i>Sodium Thiosulfate Pentahydrate</i>	181
Tabel 8.1. <i>Project Master Schedule Plant</i>	185
Tabel 8.2. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	204
Tabel 8.3. Perincian Tingkat Pendidikan	205
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	206
Tabel 8.5. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	207
Tabel 8.6. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	207
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	218
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	219
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	220
Tabel 9.4. Biaya Administratif	221
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i>	222
Tabel 9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> Untuk Tingkat Risiko Pabrik	223
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	226

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Data Impor <i>Sodium Thiosulfate Pentahidrat</i> di Indonesia Tahun 2014 – 2020	4
Gambar 6.1. Diagram <i>Cooling Water System</i>	152
Gambar 7.1. Peta Kawasan Industri Karawang	174
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik <i>Sodium Thiosulfate Pentahidrat</i>	178
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	180
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	191
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi	225
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	226

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 pentahydrat* 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 pentahydrate* 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 pentahydrate* menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga diperlukan langkah yang konkret untuk penanggulangnya 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

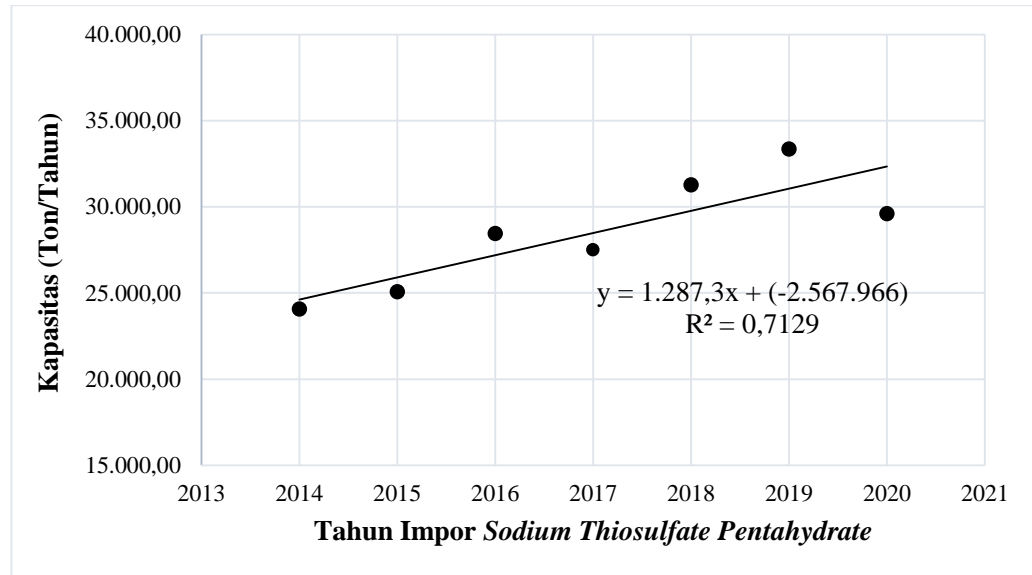
No	Tahun	Jumlah (Ton)
1	2014	24.070,01
2	2015	25.075,96
3	2016	28.454,15
4	2017	27.505,00
5	2018	31.293,00
6	2019	33.370,00
7	2020	29.609,00

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2014-2020)

Berdasarkan Tabel 1.1. di atas, dapat dilihat bahwa jumlah impor pada tahun 2014-2020 mengalami peningkatan setiap tahunnya. Namun pada tahun 2020 mengalami penurunan, hal ini disebabkan pandemi Covid-19 yang melanda di berbagai negara. 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 2014-2020

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 $y = 1.287,3x + (-2.567.966)$ (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:

$$y = 1.287,3 (2027) + (-2.567.966)$$

$$y = 41.391 \text{ ton}$$

Sehingga dapat diperkirakan kebutuhan *sodium thiosulfate pentahidrat* pada tahun 2027 akan meningkat menjadi 41.391 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 41.391 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 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, bila memungkinkan akan di ekspor guna menambah devisa negara 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 beberap 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* dengan reaksi sebagai berikut:



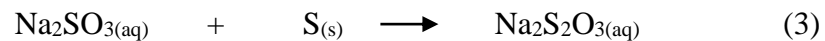
Setelah larutan *sodium sulfite* terbentuk, kemudian dilanjutkan dengan mereaksikan larutan *sodium sulfite* dengan padatan halus *sulfur* pada reaktor alir tangki berpengaduk untuk menghasilkan *sodium thiosulfate* dengan reaksi sebagai berikut :



Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Watson & Rajagopalan, 1925), reaksi dioperasikan pada suhu 80°C dapat menghasilkan konversi sebesar 99% dalam waktu 1 jam. 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 dengan proses kontinyu. Padatan *sodium sulfite* dan sulfur dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan ditambahkan air sebagai pelarut *sodium sulfite* dan *sulfur*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Watson & Rajagopalan, 1925) reaksi dioperasikan pada suhu 80°C dapat menghasilkan konversi sebesar 99% dalam waktu 1 jam.

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

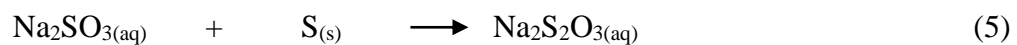
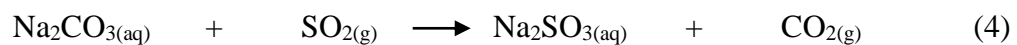
2.2. Tinjauan Proses

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 :

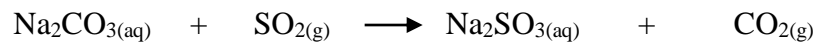


$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

Tabel 2.1. Harga ΔG Proses Pembentukan *Sodium Thiosulfate*

Komponen	$\Delta G^{\circ}_{\text{f}298}$ (Kj/mol)
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	-1051,6
$\text{SO}_2(\text{g})$	-300,1
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	-1010,44
$\text{CO}_2(\text{g})$	-311,08
$\text{S}(\text{s})$	0
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	-1046

Reaksi 4 :



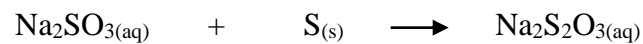
$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

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

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

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

Reaksi 5 :

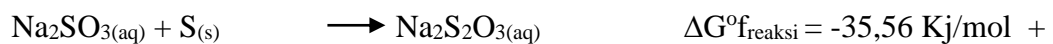
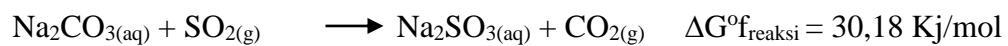


$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}}$$

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

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

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



$$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}} = -5,38 \text{ Kj/mol}$$

2.2.1.2. Reaksi Antara *Sodium Sulfite* dengan Sulfur

Tabel 2.2. Harga ΔG Proses Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi

Antara <i>Sodium Sulfite</i> 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
$-\Delta G$	Sangat menjanjikan
$+\Delta G$ (kecil)	Patut dikaji lagi
$+\Delta G$ (besar)	Hanya mungkin pada kondisi yang diluar kebiasaan

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 :

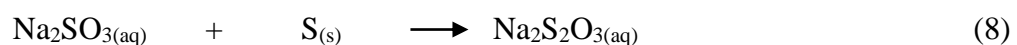
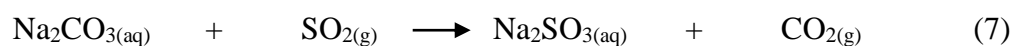
$$\frac{20.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} = \frac{2.525,2525 \text{ kg}}{\text{jam}}$$

Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate*

Komponen	Rupiah/kg
Na ₂ CO _{3(aq)}	2.701,08
SO _{2(g)}	7.503
Na ₂ SO _{3(aq)}	1.650,66
S _(s)	900,36
Na ₂ S ₂ O _{3(aq)}	21.308,5

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*

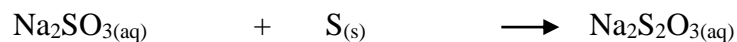
Komponen	BM (kg/mol)
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	0,1059888
$\text{SO}_2(\text{g})$	0,064066
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	0,126043
$\text{S}(\text{s})$	0,032065
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	0,15811

Reaksi 8 :

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 :

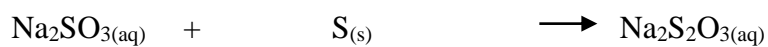
$$\begin{aligned}
 \text{Mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) &= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} \\
 &= \frac{2.525,2525 \text{ kg/jam}}{0,15811 \text{ kg/mol}} \\
 &= 15.971,49 \text{ mol/ jam}
 \end{aligned}$$

Maka :



Mula-mula	15.971,49 / 0,99	15.971,49 / 0,99	-	
Bereaksi	1/1 x 15.971,49	1/1 x 15.971,49	1/1 x 15.971,49	mol/jam
Sisa	0	0	15.971,49	mol/jam

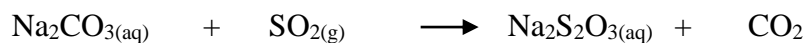
Diperoleh :



Mula-mula	16.132,72	16.132,72	-	
Bereaksi	15.971,49	15.971,49	15.971,49	mol/jam
Sisa	161,3281	161,3281	15.971,49	mol/jam

Reaksi 7 :

Dari reaksi 2, 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 98%, maka:



Mula-mula	16.132,81/0,98	16.132,81/0,98	-	-
Bereaksi	1/1*16.132,81	1/1*16.132,81	16.132,81	1/1*16.132,81
Sisa	329,24	329,24	16.132,81	16.132,81

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	16.462,05	16.462,05	-	-
Bereaksi	16.132,81	16.132,81	16.132,81	16.132,81
Sisa	329,24	329,24	16.132,81	16.132,81

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
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	16.462,05
$\text{SO}_2(\text{g})$	16.462,05
$\text{S}_{(\text{s})}$	16.132,72
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	15.971,49

Massa yang dibutuhkan sebesar = mol/jam x BM

Massa Na_2CO_3 yang dibutuhkan = 1.6462,05 mol/jam x 0,1059888 kg/mol

= 1.744,7940 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
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	1.744,7940
$\text{SO}_2(\text{g})$	1.054,6583
$\text{S}(\text{s})$	517,2988
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	2.525,2525

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

$$\begin{aligned} \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dibutuhkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\ \text{Harga } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ yang dibutuhkan} &= 1.744,7940 \text{ kg/jam} \times 2.701,08 \text{ rupiah/kg} \\ &= 4.712.828,41 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

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* MelaluiReaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Komponen	Rupiah/jam
$\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$	4.712.828,41
$\text{SO}_{2(\text{g})}$	7.913.101,95
$\text{S}_{(\text{s})}$	465.755,20
Total	13.091.685,56

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

$$\begin{aligned}
 \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dihasilkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\
 &= 2.525,25 \text{ kg/jam} \times 21.308,5 \text{ rupiah/jam} \\
 &= 53.809.393,9 \text{ rupiah/jam}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= \text{harga produk} - \text{harga bahan baku} \\
 &= 53.809.393,9 \text{ rupiah/jam} - 13.091.685,56 \text{ rupiah/jam} \\
 &= 40.717.708 \text{ rupiah/jam}
 \end{aligned}$$

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 :

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

Maka :

	$\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}$	+	$\text{S}_{(\text{s})}$	\longrightarrow	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(\text{aq})}$	
Mula-mula	15.971,49 / 0,99		15.971,49 / 0,99		-	
Bereaksi	$1/1 \times 15.971,49$		$1/1 \times 15.971,49$		15.971,49	mol/jam
Sisa	0		0		15.971,49	mol/jam

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	16.132,81		16.132,81		-	
Bereaksi	15.971,49		15.971,49		15.971,49	mol/jam
Sisa	161,32		161,32		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
$\text{S}_{(\text{s})}$	16.132,81
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3(\text{aq})}$	15.971,49

$$\text{Massa yang dibutuhkan sebesar} = \text{mol/jam} \times \text{BM}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Na}_2\text{SO}_3 \text{ yang dibutuhkan} &= 16.132,81 \text{ mol/jam} \times 0,126043 \text{ kg/mol} \\ &= 2.033,4290 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa S yang dibutuhkan} &= 16.132,81 \text{ mol/jam} \times 0,032065 \text{ kg/mol} \\ &= 517,2988 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

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

$$\text{Harga untuk kapasitas produksi} = \text{Massa yang dibutuhkan} \times \text{Harga per 1 kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Na}_2\text{SO}_3 \text{ yang dibutuhkan} &= 2.033,4290 \text{ kg/jam} \times 1.650,66 \text{ rupiah/kg} \\ &= 3.356.499,91 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga S yang dibutuhkan} &= 517,2988 \text{ kg/jam} \times 900,36 \text{ rupiah/kg} \\ &= 465.755,20 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Harga Na}_2\text{SO}_3 \text{ yang dibutuhkan} + \text{Harga S yang dibutuhkan} \\ &= 3.356.499,91 \text{ rupiah/jam} + 465.755,20 \text{ rupiah/jam} \\ &= 3.822.255 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dihasilkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\
 &= 2.525,25 \text{ kg/jam} \times 21.308,5 \text{ rupiah/jam} \\
 &= 53.809.393,9 \text{ rupiah/jam}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= \text{harga produk} - \text{harga bahan baku} \\
 &= 53.809.393,9 \text{ rupiah/jam} - 3.822.255 \text{ rupiah/jam} \\
 &= 14.656.559 \text{ rupiah/jam}
 \end{aligned}$$

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 13.091.685,56	Rp 53.809.393,9	Rp 40.717.708

Reaksi Antara <i>Sodium Sulfite</i> Dengan Sulfur	Rp 3.822.255	Rp 53.809.393,9	Rp 49.987.139
---	--------------	-----------------	---------------

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 :

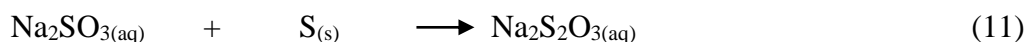
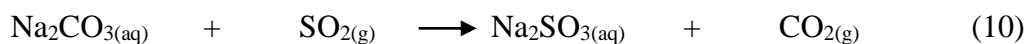
Tabel 2.12. Nilai ΔH Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Sodium Thiosulfate* Melalui Reaksi Antara *Sodium Carbonate* Dan *Sulfur Dioxide*

Komponen	ΔH_f° (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

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

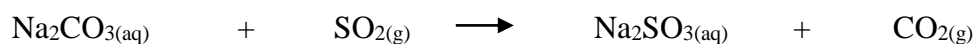
2.2.3.1. Reaksi Antara *Sodium Carbonate* dan *Sulfur Dioxide*

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 10 :



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

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

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

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

Reaksi 11 :



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

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

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

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

Maka ΔH reaksi pembuatan pembuatan *sodium thiosulfate* melalui reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* sebesar :

$$\Delta H \text{ reaksi} = (-81,87 \text{ Kj/mol}) + (-16,53 \text{ Kj/mol})$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = -98,4 \text{ Kj/mol}$$

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 :



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

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

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

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

Karena nilai ΔH reaksi bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis

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	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{l}), \text{SO}_2(\text{g}), \text{S}(\text{s})$	$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}), \text{S}(\text{s})$
Fase Reaksi	Cair - gas – padat	Cair - padat
Reaktor	Reaktor gelembung dan RATB	RATB
Konversi	Reaksi1 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2(\text{g}) = 98\%$ Reaksi2 $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}), \text{S}(\text{s}) = 99\%$	99%
Produk Samping	$\text{CO}_2(\text{g})$	Tidak ada
$\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi}}$	-5,38 Kj/mol	-35,56 Kj/mol
Keuntungan	Rp 40.717.708, (untuk kapasitas 2.525,25 kg/jam)	Rp 49.987.139 (untuk kapasitas 2.525,25 kg/jam)
ΔH_{reaksi}	-98,4 Kj/mol	-16,53 Kj/mol

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. Keuntungan lebih besar.
6. Kemurnian produk mencapai 99%

2.3.1. Mencari Harga K

Untuk mengetahui apakah reaksi bersifat *irreversible* atau *reversible* maka dapat ditinjau dari harga kesetimbangan. Berikut merupakan perhitungan untuk mencari harga K

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G^{\circ} f}{RT} = -\frac{-35,56 \frac{kJ}{mol}}{8,31 \times 10^{-3} \frac{kJ}{mol} K \times 298 K}$$

$$= 14,359$$

$$K_{298} = 2,664$$

$$\ln K_{353} - \ln K_{298} = -\frac{\Delta H \text{ reaksi}}{R} \times \frac{1}{T_{353}} - \frac{1}{T_{298}} + \ln K_0$$

$$= 20,550$$

$$K_{353} = 2,589$$

Harga konstanta kesetimbangan reaksi ($K > 1$) pada suhu 80°C, dengan demikian reaksinya bersifat *irreversible*.

2.3.2. Konstanta Kecepatan 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 diperhitungkan berdasarkan waktu mendifusinya dari zat cair *sodium sulfite* ke padatan sulfur (Levenspiel, 1976).

Dengan berdasarkan perhitungan yang terlampir di **Lampiran C** Spesifikasi Alat Reaktor, diperoleh nilai konstanta kecepatan reaksinya adalah :

$$k = 1,2368 \text{ kg/mol.s}$$

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), serta 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 bersifat *irreversible*, reaksi yang terjadi di dalam reaktor (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

SPEKIFIKASI 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 <i>mesh</i>)
Titik leleh	: 120° C
Titik didih	: 444,6° C
<i>Critical temperature</i>	: 1040° C
<i>Critical pressure</i>	: 11,73 MPa
<i>Critical volume</i>	: 2,48 mL/g
Densitas, 30° C (<i>solid phase</i>)	: 2,07 gr/cm ³

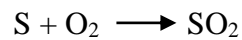
Komposisi	: Sulfur (95%) H ₂ O (4%) Ash (1%) (PT Indosulfur Mitra Kimia)
<i>Refractive index, n_D¹¹⁸</i>	: 1,929
Kapasitas panas	: 0,18 kal/gr °C
<i>Heat of Fusion</i>	: 1,727 kJ/mol
<i>Heat of Vaporation</i>	: 45 kJ/mol
Entalpi penguapan	: 278 j/g (400° C)
Viskositas, (120° C)	: 0,0017 Pa.s
Panas laten 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_(l) 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 penguapan, 0° C	: 40,85 kJ/mol
ΔH_f	: 285,890 kJ/mol
ΔG_f	: 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_D^{20}</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	: Tidak berwarna atau putih, tidak berbau
Toksisitas	: higroskopis
Kemurnian	: 99% (min) ; 99,9 % (max)

(Kirk & Othmer, 1964)

b. Sifat kimia *Sodium thiosulfate pentahydrate* (Na₂S₂O₃.5H₂O)

- 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 (Badan Pusat Statistik). 2020. Data Impor *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*.
Tersedia : sipeda.kemendag. Diakses pada 20 Juni 2020.
- 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.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. 1983. *Chemical Engineering 1st Ed Vol. 6*.
Oxford: Pergamon Press
- Couper, J.R., Hertz, D.W. & Smith, L.F., 2008. Process Economics. In Perry's
Chemical Engineers' Handbook. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Evan, 1977. *Process Equipment Handbook Vol.2*. New York: John Willey and
Sons.
- 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.
- Hargreaves, L., & Dunningham, A.C. 1923. *The Manufacture of Sodium Thiosulfate*. England: *Journal of The Society of Chemical Industry*.
- Hill, C.G.J., 1977. *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor 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: John Wiley & Sons, Inc.
- Hutchins, T.W.S., Hargreaves, L., & Dunningham, C. 1917. *Process for The Manufacture of Sodium Thiosulfate*. England: *United States Patent Office*.
- 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.

- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 1964. *Encyclopedia of Chemical Technology* 2nd Ed, Vol.20. New York: The Interscience Encyclopedia Inc.
- Lange, N.A. 1934. *Lange's Handbook Chemistry* 15th Ed. New York: McGraw Hill Book Co.Inc.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Ludwig,E.E. 2001. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant* 3rd Ed. New York: John Wiley & Sons.
- McCabe, W.L., Smith. J.C., Harriot. P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering* 5th Ed. New York: McGraw-Hill.
- 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.
- Powell, S.T. 1954. *Industrial Water Conditioning*. New York : McGraw-Hill Companies Inc.
- Rase, H. F., & R., H. J. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1 : Principles and Techniques*. New York: John 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.
- Silla, H., 2003. *Chemical Process Engineering Design and Economics*. New York: Marcel Dekker Inc.
- 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: John Willey & Sons, Inc.
- Vilbrandt, F. C., and Dyden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design 4th Ed*. Kansas: McGraw-Hill book Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Kansas: Buterworth-Heinemann.
- Watson, H.E., and Rajagopalan, M. 1923. *The Reaction Between Sodium Sulphite and Sulphur*. Department of General and Inorganic Chemistry, India: Indian Institute of Science.
- Ullmann. *Encyclopedia of Industri Chemistry 6th Ed*. New York: Wiley Vch.
- Yaws, C. Y. 1996. *Handbook of Thermodynamic Diagrams Vol. 4*. Houston, Texas: Guf Publishing Company.