

PRARANCANGAN PABRIK *SODIUM THIOSULFATE PENTAHYDRATE* DARI *SODIUM SULFITE* DAN SULFUR DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Istiqomah Rahmawati^{1*}, Azizatul Husna¹, Ayunda Rara Mastika¹, Ach. Sa'roni¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Helda Wika Amini¹, M. Maktum Muharja Al Fajri¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

*Corresponding Author: istiqomah.rahmawati@unej.ac.id

Abstrak

Pabrik sodium thiosulfate pentahydrate dari sodium sulfite dan sulfur dirancang dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan sodium thiosulfate pentahydrate dalam negeri yang sepenuhnya bergantung pada sektor impor. Bahan baku yang digunakan adalah sodium sulfite dan sulfur. Pabrik ini akan dibangun di Kawasan Industri Kujang Cikampek (KIKC), Kalihurip, Kecamatan Cikampek, Kabupaten Karawang, Jawa Barat dengan waktu operasional 330 hari/tahun. Proses produksi terdiri dari proses penyiapan bahan baku dan pembentukan produk. Persiapan bahan baku terdiri dari dua yaitu sodium sulfite dan sulfur. Bahan baku sodium sulfite diencerkan dengan perbandingan sodium sulfite dan air 1:22 dalam tangki pelarut pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Proses pembentukan produk diawali dengan reaksi pembentukan larutan sodium thiosulfate dari larutan sodium sulfite dan sulfur dengan perbandingan 1:4 dalam reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Larutan sodium thiosulfate selanjutnya akan mengalami proses kristalisasi dalam crystallizer pada kondisi operasi 44°C dan tekanan 1 atm sehingga diperoleh kristal sodium thiosulfate pentahydrate dengan kemurnian 99%. Terdapat produk recycle berupa sulfur yang digunakan kembali dalam proses pembentukan larutan sodium thiosulfate di dalam reaktor. Unit pendukung proses terdiri dari unit penyedia air yang berasal dari waduk Curug Parungkadali dan sungai Cikao, unit penyedia steam dari boiler, unit penyedia listrik dari PT. PLN, PLTGU Jawa Satu Power dan generator, unit pengadaan bahan bakar berupa solar dan diesel fuel, serta unit pengolahan limbah. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dan mempekerjakan 200 orang karyawan yang terdiri dari karyawan shift, non-shift, dan borongan. Berdasarkan evaluasi ekonomi, persentase Annual Cash Flow (ACF) sebesar 36,72%, Pay Out Time (POT) sebesar 2,45 tahun, dan persentase Break Event Point sebesar 58%. Berdasarkan parameter tersebut maka pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *sodium sulfite, sulfur, sodium thiosulfate, sodium thiosulfate pentahydrate*

1. Pendahuluan

Seiring berjalannya waktu, perkembangan industri di Indonesia terus mengalami kenaikan baik dari segi kualitas maupun konsumsi. Sebagian besar industri di Indonesia bergerak di bidang farmasi, pengolahan air dan ekstraksi emas. Perkembangan industri di Indonesia sangat mempengaruhi jumlah kebutuhan bahan kimia, dikarenakan sebagian besar industri menggunakan bahan kimia sebagai bahan baku dalam pembuatan produk. Salah satu bahan baku dari industri kimia yang dibutuhkan untuk industri lain saat ini ialah *Sodium thiosulfate pentahydrate* (Riegel, 1949). *Sodium thiosulfate pentahydrate* merupakan senyawa hidrat yang terdiri dari molekul *sodium thiosulfate* dengan lima molekul air dengan berat molekul 248,17 g/mol dan titik lebur 48°C pada kondisi 1 atm (Klein, 2022). *Sodium thiosulfate pentahydrate* mempunyai bermacam kegunaan di berbagai macam industri sebagai penghilangkan

chlorine dari larutannya, *bleaching pulp and paper*, ekstraksi emas dan 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 (Shreve, 1956).

Meskipun *sodium thiosulfate pentahydrate* banyak dibutuhkan untuk bahan baku industri, kenyataannya pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia belum ada, sehingga belum dapat memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri secara maksimal. Hal ini menyebabkan *sodium thiosulfate pentahydrate* di industri Indonesia sepenuhnya masih impor dari luar negeri. Terdapat beberapa pabrik yang dapat dijadikan sebagai konsumen potensial produk *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia antara lain PT. Anugerah Trimulia Tekstil, PT. Armoxindo Farma, PT. Esa Kertas Nusantara, PT. Lautan Luas



Tbk, PT. Elnukem Lestari, dan PT. Antam. *Sodium thiosulfate pentahydrate* telah banyak berkembang di dunia. Beberapa produsen *sodium thiosulfate pentahydrate* di dunia seperti Germany at Chemiewerse Bad yang berlokasi di Jerman dan Hebei Dougcheng Chemical yang berlokasi di China. Proses produksi yang digunakan oleh Germany at Chemiewerse Bad dan Dougcheng Chemical ialah reaksi antara *sodium sulfite* dan sulfur. Oleh sebab itu, pendirian pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* merupakan hal yang sangat diperlukan mengingat besarnya pangsa pasar di Indonesia.

Tabel 1 Daftar produsen *sodium thiosulfate pentahydrate* (Sari dan Yesika, 2020)

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Germany at Chemiewerse Bad	Jerman	14.000
Hebei Dougcheng Chemical	China	14.700
Aqua-Chem, Industry	India	21.000
Tianjin Soda Plant	China	28.000
Ferro Corp, Baton Rouge	Amerika Serikat	60.000
Stauffer Chemical Co.,	Amerika Serikat	80.000

1. Uraian Proses

Proses pembuatan *sodium thiosulfate pentahydrate* terdiri dari dua proses yaitu reaksi antara *sodium carbonate* dan *sulfur dioxide* dan reaksi antara *sodium sulfite* dan sulfur. Disajikan perbandingan kedua jenis proses pembentukan *sodium thiosulfate pentahydrate* pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Perbandingan proses

Parameter	Reaksi antara <i>sodium carbonate</i> dan <i>sulfur dioxide</i>	Reaksi antara <i>sodium sulfite</i> dan sulfur
Bahan baku	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{l}), \text{O}_2(\text{g}), \text{S}(\text{s})$	$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}), \text{S}(\text{s})$
Reaksi	$\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$ $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g})$	$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{S}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$
Fase reaksi	Cair-gas-padat	Cair-padat
Reaktor	Reaktor gelembung, burner, dan RATB	RATB
Konversi	99%	99%
Kondisi operasi	Reaksi 1 : 460°C; Reaksi 2 : 140°C ; Reaksi 3 : 80°C	80°C
Tekanan Produk	1 atm	1 atm
samping	CO_2	Tidak ada

Berdasarkan perbandingan kedua proses diatas maka dipilih proses reaksi antara *sodium sulfite* dan sulfur. Pemilihan proses tersebut ditinjau dari beberapa pertimbangan diantaranya kondisi operasi yang rendah, tidak memiliki produk samping dan memiliki reaksi tunggal sehingga dapat menekan biaya produksi. Dalam proses pembuatan *sodium thiosulfate pentahydrate* dengan mereaksikan *sodium sulfite* dengan sulfur meliputi beberapa tahap yaitu, tahap persiapan bahan baku dan tahap pembentukan produk.

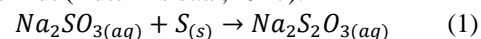
1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi *sodium thiosulfate pentahydrate* adalah *Sodium sulfite* 99% dan sulfur 99,98%. *Sodium sulfite* (Na_2SO_3) disimpan dalam gudang penyimpanan (F-110) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. *Sodium sulfite* pada gudang penyimpanan (F-110) diangkut menggunakan conveyor (J-131) menuju bucket elevator (J-133). *Sodium sulfite* diangkut menggunakan bucket elevator (J-133) menuju hopper (F-134) kemudian diumpankan pada tangki pelarut (M-130). Pada tangki pelarut (M-130) terjadi pelarutan *sodium sulfite* dengan air proses pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Rasio mol pencampuran *sodium sulfite* dan air proses ialah 1 : 22. Larutan *sodium sulfite* dipanaskan pada tangki pelarut (M-130) hingga suhu mencapai 80°C kemudian dipompa menuju reaktor (R-210).

Bahan baku sulfur disimpan dalam gudang penyimpanan (F-120) diangkut menggunakan conveyor (J-211) menuju bucket elevator (J-212). Sulfur diangkut menggunakan bucket elevator (J-212) menuju hopper (F-213) kemudian diumpankan pada reaktor (R-210).

2. Tahap Pembentukan Produk

Jenis reaktor yang digunakan dalam pembentukan *sodium thiosulfate pentahydrate* ialah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaksi antara *sodium sulfite* dan sulfur berlangsung dalam fase cair-padat selama 1 jam dengan konversi 99% pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang berlangsung dalam reaktor bersifat eksotermis, sehingga diperlukan media pendingin. Perbandingan mol *sodium sulfite* dan sulfur ialah 1 : 4. Adapun reaksi yang berlangsung ialah sebagai berikut (Hutchins et.al, 1917):



Hasil keluaran reaktor (R-210) dialirkan menuju cooler (E-216) untuk pendinginan hingga suhu mencapai 70°C. Larutan *sodium thiosulfate* yang telah didinginkan akan dipompa menuju centrifuge (H-218) untuk memisahkan filtrat dan cake pada suhu 70°C dan tekanan 1 atm. Filtrat berupa larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dari hasil pemisahan diumpankan menuju evaporator (V-220) sedangkan cake berupa sulfur yang akan kembali menuju reaktor sebagai recycle.



Tabel 3 Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)		
	<1>	<2>	<4>	<8>	<10>	<11>
Na ₂ SO ₃	2.890,02					
S			727,76			
H ₂ O	29,19	9.080,04	7,28	5.360,51	399,057	1.571,52
Na ₂ S ₂ O ₃						701,01
Na ₂ S ₂ O ₃ . 5H ₂ O					4.419,19	
Total		12.734,3			12.734,3	

Filtrat diuapkan pada evaporator (V-220) pada suhu 100,67°C dan tekanan 1 atm. Larutan dipekatkan menjadi 60% agar kondisinya menjadi jenuh dengan mengurangi kadar airnya. Hasil atas evaporator (V-220) berupa uap air yang akan dialirkan menuju pengolahan lain, sedangkan hasil bawah berupa larutan jenuh dialirkan menuju cooler (E-221) untuk pendinginan hingga suhu mencapai 44°C. Larutan *sodium thiosulfate* jenuh yang telah didinginkan dipompa menuju *crystallizer* (X-230) pada tekanan 1 atm untuk membentuk kristal *sodium thiosulfate pentahydrate*. Uap yang dihasilkan dari proses kristalisasi akan dialirkan menuju unit pengolahan lain sedangkan kristal yang tidak sesuai dengan spesifikasi akan kembali ke tahap awal kristalisasi. Kristal yang dihasilkan dari proses kristalisasi memiliki kemurnian sebesar 99%. Alat kristalisasi dilengkapi dengan pengaduk dan ayakan sehingga didapatkan kristal dengan ukuran seragam. Kristal *sodium thiosulfate pentahydrate* menuju *filling packing machine* (X-231) menggunakan *weight feeder*. Produk kemudian disimpan dalam gudang penyimpanan (F-240) pada suhu 30°C.

3. Neraca Massa dan Neraca Energi

3.1 Neraca Massa

Pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dari *sodium sulfite* dan sulfur dirancang dengan kapasitas produksi 4.419 kg/jam atau 35.000 ton/tahun. Berdasarkan perhitungan neraca massa, maka dibutuhkan bahan baku *sodium sulfite* sebesar 2.919 kg/jam atau 23.118 ton/tahun dan sulfur sebesar 728 kg/jam atau 5.766 ton/tahun. Pabrik beroperasi 24 jam per hari dan 330 hari per tahun. Neraca massa total disajikan pada **Tabel 3**.

3.2 Neraca Energi

Pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dari *sodium sulfite* dan sulfur dengan kapasitas produksi 4.419 kg/jam atau 35.000 ton/tahun membutuhkan energi berupa *steam* sebesar sebesar 785 kg/jam atau 6.217 ton/tahun dan *cooling water* sebesar 1.209.396 kg/jam atau 9.578.416 ton/tahun. Terdapat 7 alat yang membutuhkan dan

menghasilkan panas seperti yang disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Neraca Energi Total

No.	Nama alat	Q masuk (kj/jam)	Q keluar (kj/jam)
1.	Tangki pelarut	5.686.008,63	5.686.008,63
2.	Reaktor	62.675.338,54	62.675.338,54
3.	Cooler	6.201.268,99	6.201.268,99
4.	Centrifuge	5.725.412,51	5.725.412,51
5.	Evaporator	6.027.331,82	6.027.331,82
6.	Cooler	4.254.361,80	4.254.361,80
7.	Crystallizer	3.626.022,26	3.626.022,26
	Total	94.195.744,55	94.195.744,55

4. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat diperlukan dalam jalannya proses industri kimia. Utilitas sebagai penunjang kelancaran dalam proses produksi agar dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Utilitas pada pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dengan kapasitas 35.000 ton/tahun terdiri dari (Kusnarjo, 2010):

1. Unit pengadaan dan pengolahan air
2. Unit pengadaan *steam*
3. Unit pengadaan tenaga listrik
4. Unit pengadaan bahan bakar
5. Unit pengolahan limbah

Kebutuhan air pada pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* sebagai air umpan boiler, air pendingin, air proses, dan air sanitasi didapatkan dari waduk Curug Parungkadali dan sungai Cikao dengan proses pengolahan terlebih dahulu. Kebutuhan air umpan boiler (*boiler feed water*) sebesar 745 kg/jam, air pendingin (*cooling water*) sebesar 1.209.396 kg/jam, air proses sebesar 9.109 kg/jam dan air sanitasi sebesar 1.200 kg/jam. *Steam* digunakan sebagai media penukar panas pada tangki pelarut dan evaporator. Pembangkit *steam* berasal



dari boiler dengan bahan bakar berupa solar. Sumber energi listrik berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan PLTGU Jawa Satu Power. Apabila terjadi gangguan dan pemadaman maka digunakan generator sebagai cadangan energi listrik dengan bahan bakar *diesel fuel*. Listrik pada pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* digunakan untuk mengoperasikan peralatan produksi, komponen instrumentasi, utilitas, serta fasilitas lainnya, dengan kebutuhan listrik sebesar 167,153 kW/jam. Bahan bakar yang digunakan pada pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* adalah solar yang merupakan bahan bakar boiler untuk pengadaan *steam* dan *diesel fuel* yang merupakan bahan bakar genset diesel sebagai kebutuhan listrik sekunder, dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar 45,27 kg/jam dan *diesel fuel* sebesar 20,55 kg/jam. Salah satu proses pengendalian pencemaran adalah melalui pengolahan limbah cair dan pengolahan limbah padat. Unit pengolahan limbah berfungsi untuk mengolah limbah hasil produksi tanpa menyebabkan kerugian atau masalah terhadap masyarakat dan lingkungan.

5. Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi pada prarancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui kelayakan pendirian suatu pabrik ditinjau dari keuntungan yang diperoleh. Pabrik dianggap layak untuk didirikan apabila memiliki kondisi operasi yang dapat dikendalikan dan memberikan keuntungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa perhitungan secara teknik dan analisa ekonomi. Analisa ekonomi pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dengan kapasitas 35.000 ton/tahun menunjukkan bahwa pabrik layak mmebutuhkan *Total Production Cost* (TPC) sebesar Rp 1.093.511.3665.750 dengan *Total Capital Investment* (TCI) sebesar Rp 271.542.115.651. Modal pabrik 60% merupakan modal sendiri dan 40% merupakan pinjaman bank. Keuntungan yang diperoleh pabrik per tahun sebesar Rp 75.261.134.715 dengan harga jual *sodium thiosulfate pentahydrate* sebesar 34.000 per kg. Adapun hasil evaluasi ekonomi pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* tertera pada **Tabel 5**.

6. Kesimpulan

Pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dari *sodium sulfite* dan sulfur sulfur dengan kapasitas 35.000 ton/tahun yang direncanakan dibangun di Kawasan PT Industri Kujang Cikampek (KIKC), Kalihurip, Kecamatan Cikampek, Kabupaten Karawang, Jawa Barat layak untuk didirikan pada tahun 2028. Pabrik ini membutuhkan bahan baku berupa *sodium sulfite* sebesar 23.118 ton/tahun dan sulfur sebesar 5.766 ton/tahun. Pabrik beroperasi 24 jam per hari dan

330 hari per tahun. Pabrik ini memiliki *pay out time* (POT) selama 2,45 tahun, laju pengembalian modal (ROR) 28%, dan titik impas (BEP) 58%.

Tabel 5 Evaluasi Ekonomi

Parameter	Nilai	Ketentuan	Kesimpulan
<i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	36,72%	>8,73%	Pabrik layak didirikan
<i>Pay Out Time</i> (POT)	2,45 tahun	<5 tahun	Pabrik layak didirikan
<i>Net Profit Over Total Life of The Project</i> (NPOTLP)	Rp. 849.788.452.935	>TCI + jumlah bunga bank	Pabrik layak didirikan
<i>Total Capital Sink</i> (TCS)	Rp. 663.717.849.470	>TCI	Pabrik layak didirikan
<i>Rate of Return</i> (ROR)	28%	>11%	Pabrik layak didirikan
<i>Internal Rate of Retrun</i> (IRR)	35,9%	>8,73%	Pabrik layak didirikan
<i>Break Even Point</i> (BEP)	58%	40-60%	Pabrik layak didirikan

Daftar Pustaka

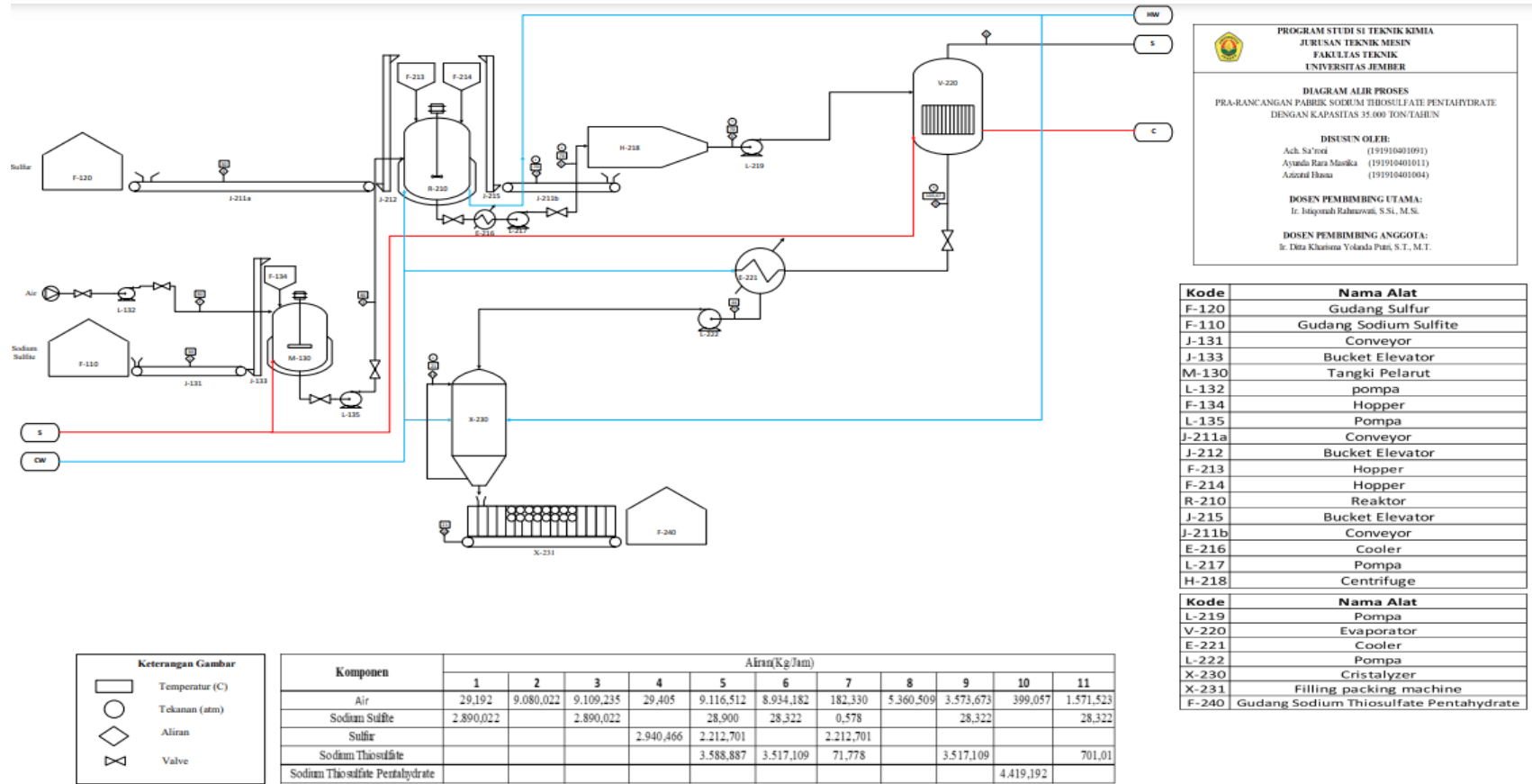
- Dean, J.A., 1972. *Lange's Handbook of Chemistry*. 5th ed. New York: R. R. Fnnelley & Sons Company.
- Howard. *et al.* (1926) 'Process For The Manufacture Of *Sodium Thiosulfate*', United States Patent Office, No.1,570,253.
- Hutchins. *et al.* (1917) 'Process For The Manufacture Of *Sodium Thiosulfate*', United States Patent Office, No.1,219,819.
- Klein, Wilhelm (2022) 'Crystal Structure of Sodium Thiosulfate Dihydrate and Comparison to the Pentahydrate', *Acta Cryst.* Vol.79, hal 44-49
- Kusnarjo, 2010. *Desaian Pabrik Kimia*. Surabaya: Erlangga.
- Perry, R.H. & Green, D.W., 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7th ed. New Jersey: McGraw-Hill.
- Peters, M.S. & Timmerhaus, K.D., 1991. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. 4th ed. Singapore: McGraw Hill International Editions.
- Rafidanta, N.C. and Lusiani, C.E. (2021) 'Penentuan Lokasi Pabrik Menggunakan Metode Factor Rating Pada Pra-Rancangan Pabrik Virgin Coconut Oil (Vco) Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun', *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), pp. 1-10. doi:10.33795/distilat.v7i2.263.





- Riegel, E. raymond (1949) *Industrial Chemistry*. 9th edn. Edited by J.A. Kent. United Kingdom: Reinhold Publishing.
- Rusanti, W. D. (2020). *Ekonomi Teknik*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Sari, N. (2011). *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Yayasan Humaniora.
- Sari, S.P. dan Yesika Irnawati. (2020) 'Pra Rancangan Pabrik Sodium Thiosulfate Pentahydrate Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun', *Skripsi*. Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Shreve, R.N. (1956) *The Chemical Process Industries*. Tokyo, Japan: McGraw-Hill Book Company, Inc. doi:10.1038/158251a0.
- Ulrich, G.D., 1984. *A guide To Chemical Engineering Process Design and Ecomices*. New York: John Wiley & Sons.
- Walas, S.M., 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Watson, H., & Rajagopalan, M. (1925). The Reaction Between Sodium Sulphite and Sulphur. *Journal of the Indian Institute of Science*, 8., 275.





Gambar 1. Diagram Alir Proses Pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dari *sodium sulfite* dan sulfur