



PRARANCANGAN PABRIK *SODIUM THIOSULFATE PENTAHYDRATE* DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Gusti Ayu Dunia Kandiva Hughy Desta*, Ari Budiman, Tri Elok Setya Megasari, Boy Arief Fachri, Helda Wika Amini, Zuhriah Mumtazah, Meta Fitri Rizkiana

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

*Email: lunia03kandiva@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri yang memasuki era 5.0 ditandai dengan meningkatnya perkembangan industri, terlebih industri kimia. Perkembangan industri kimia dapat ditandai dengan didirikannya pabrik-pabrik kimia baru untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri. *Sodium thiosulfate pentahydrate* merupakan bahan kimia yang belum terpenuhi dan diperoleh dengan cara mengimpor dari negara produsen. Ketergantungan pada kegiatan impor dapat mengakibatkan berkurangnya devisa negara sehingga diperlukan tindakan dengan mendirikan pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate*. *Sodium thiosulfate pentahydrate* atau yang dahulu disebut *sodium hyposulfide* merupakan padatan berwarna putih yang terbentuk dari reaksi *sodium sulfite* dan *sulphur* setelah dididihkan dan diuapkan. Kegunaan *sodium thiosulfate pentahydrate* adalah sebagai antiklor, bahan pengikat dalam fotografi, bahan pencuci untuk ekstraksi emas, dan masih banyak lagi yang lainnya. Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* rencananya akan didirikan pada tahun 2029 di Kawasan Industri Cilegon Estate, Jawa Barat dengan kapasitas 15.000 ton/tahun. Bahan baku utama pembuatan *sodium thiosulfate pentahydrate* adalah *sodium sulfite* dan *sulphur* yang direaksikan dalam reaktor RATB pada suhu 80°C. Dari segi teknis dan ekonomi, pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: *sodium thiosulfate pentahydrate*, *sulphur*, *sodium sulfite*, reaktor RATB

1. Pendahuluan

Masuknya era industri 5.0 menyebabkan perkembangan industri di Indonesia berlangsung semakin pesat, salah satunya ialah industri kimia. Produk yang dihasilkan dari industri kimia diharapkan tidak hanya memenuhi kebutuhan dalam negeri saja, namun juga dapat diekspor untuk menambah devisa negara. Namun begitu, masih ada beberapa industri kimia di Indonesia yang masih bergantung pada kegiatan impor dikarenakan tidak adanya pabrik di Indonesia, yakni *sodium thiosulfate pentahydrate*. Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistik) dan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, rata-rata kebutuhan *sodium thiosulfate pentahydrate* di Indonesia ialah sebesar 2.000 ton/tahun pada periode 2018-2022.

Sodium thiosulfate pentahydrate atau yang dulunya di sebut dengan *sodium hyposulfide* merupakan padatan putih yang terbentuk dari reaksi *sodium sulfite* dan *belerang* setelah dididihkan dan diuapkan. *Sodium thiosulfate pentahydrate* memiliki tiga kegunaan yang sangat penting, yaitu: sebagai antiklor untuk menghilangkan kelebihan klorin dari bahan-bahan yang diputihkan, sebagai standart

volumetrik untuk estimasi yodium, dan sebagai bahan pengikat dalam fotografi (Beach, 1981). Seiring berjalannya waktu, kegunaan *sodium thiosulfate pentahydrate* semakin beragam. *Sodium thiosulfate pentahydrate* bisa digunakan dalam industri pertambangan emas dimana senyawa ini digunakan pada proses ekstraksi emas. Selain digunakan pada industri pertambangan, *sodium thiosulfate pentahydrate* juga digunakan dalam industri farmasi sebagai obat untuk keracunan sianida, arsenik, merkuri, bismut sampai digunakan untuk kemoterapi (McGeer, 2016).

Pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* didirikan dengan tujuan untuk mengurangi kebutuhan impor dan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Selain itu, Pembangunan pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* diharapkan tidak hanya memenuhi kebutuhan dalam negeri saja, namun juga dapat diekspor untuk menambah devisa negara.

Kapasitas yang diperlukan untuk pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* diperkirakan melalui data ekspor, impor, konsumsi pasar dari tahun ke tahun, produksi, dan perkiraan nilai peredaran produk pada tahun berdirinya pabrik. Untuk mendapatkan nilai





kapasitas dari suatu pabrik, dapat dituliskan dengan persamaan 1. di bawah ini:

(1)

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (0 + 54.400.000) - (0 + 784.126)$$

$$m_3 = 53.615.873 \text{ kg/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan metode *discounted* di atas, kapasitas produksi untuk pabrik sodium thiosulfate yang akan dibangun pada tahun 2029 mencapai 53.615.873 kg/tahun atau 53.616 ton/tahun. Angka tersebut cukup besar untuk kapasitas sebuah pabrik baru, sehingga disimpulkan untuk kapasitas produksi yakni 25% dari perhitungan tersebut. Kapasitas produksi pabrik sodium thiosulfate pada tahun 2027 mencapai 13.404 ton/tahun \approx 15.000 ton/tahun.

2. Uraian Proses

Proses dalam pembuatan *sodium thiosulfate pentahydrate* terdiri dari beberapa jenis proses. Tabel 1 dibawah ini menunjukkan perbandingan dari beberapa jenis proses dalam pembuatan *sodium thiosulfate pentahydrate*:

Tabel 1. Perbandingan Proses

Proses 1	Proses 2
Bahan: NaOH(aq), SO ₂ (g), S(s)	Bahan: S(s), O ₂ (g), SO ₂ (g), Na ₂ CO ₃ (aq)
Fase: Cair-gas-padat	Fase: Cair-gas-padat
Reaktor: Absorber dan RATB	Reaktor: Reaktor gelembung, burner, dan RATB
Suhu operasi: 30°C dan 80°C	Suhu operasi: 46 0°C, 140°C, dan 80°C
Konversi: 99%	Konversi: 99%

Berdasarkan perbandingan kedua proses tersebut, maka dipilih proses 1 yaitu reaksi antara *sodium sulfite* dengan *sulphur*. Pemilihan proses tersebut didasarkan pada pertimbangan kondisi operasi rendah karena tidak terdapat proses pembakaran dan faktor reaktor yang digunakan selama proses produksi. Hal tersebut dapat menekan biaya produksi sehingga biaya yang dibutuhkan tidak besar. Terdapat 3 tahapan dalam pembuatan *sodium thiosulfate pentahydrate*, yaitu:

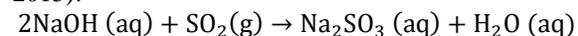
a. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Sodium hydroxide disimpan dalam tangki penyimpanan *sodium hydroxide* (F-111) dan *sulphur* disimpan dalam tangki penyimpanan *sulphur* (F-223) dengan kondisi operasi bersuhu 30°C dan tekanan sebesar 1 atm. *Sodium hydroxide* 99% dari tangki penyimpanan (F-111) diangkut menggunakan *Belt Conveyor* (J-112) menuju tangki pelarutan *sodium hydroxide* (M-110) untuk dilarutkan dengan air proses pada suhu 30°C, tekanan 1 atm dengan rasio mol *sodium hydroxide* dan air proses adalah 1 : 22. Larutan *sodium hydroxide* selanjutnya dipompa menuju absorber (D-210) (Hutchins *et al.*, 1917).

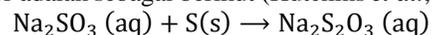
b. Tahap Pembuatan Produk

• Tahap Reaksi

Larutan *sodium hydroxide* dari tangki pelarut (M-110) dan gas SO₂ dari tangki penyimpanan (F-211) dalam absorber dengan aliran berlawanan (*countercurrent*) sehingga terbentuk *sodium sulfite* (Na₂SO₃). Gas *sulfur dioxide* diumpangkan ke dalam absorber (D-210) menggunakan *sparger* dari bawah, sedangkan larutan *sodium hydroxide* disemprotkan menggunakan *spray* dari atas absorber (D-210). Kondisi operasi didalam absorber (D-210) yakni dengan suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi didalam absorber (D-210) dapat dituliskan seperti dibawah ini (Sharma *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2015):



Larutan *sodium sulfite* dari absorber (D-210) sebelum memasuki reaktor (R-210) akan dipompa menuju *heater* (E-221) agar suhu larutan *sodium sulfite* menjadi 80°C. Larutan *sodium sulfite* yang keluar dari *heater* (E-221) dan *sulphur* dari tangki penyimpanan (F-121) dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk (R-210). Didalam reaktor (R-210) terjadi reaksi *sodium sulfite* dan *sulphur* yang menghasilkan *sodium thiosulfate* pada fase padat-cair selama 2 jam, konversi pada reaktor sebesar 99% pada suhu 80°C dengan tekanan 1 atm, reaksi bersifat eksotermis. Perbandingan mol *sodium hydroxide* dengan *sulphur* yaitu 1:4. Reaksi yang terjadi di reaktor adalah sebagai berikut (Hutchins *et al.*, 1917):



• Pembentukan Na₂S₂O₃.5H₂O

Filtrat yang keluar dari reaktor (R-210) diumpangkan ke *filter press* (H-310) untuk memisahkan sisa *sulphur* yang tidak ikut bereaksi di dalam reaktor (R-210). *Sulphur* yang sudah dipisahkan pada *filter press* (H-310) akan di *recycle*





menuju tangki penyimpanan *sulphur* (F-223). Setelah pemisahan *sulphur* pada *filter press* (H-310), filtrat diumpahkan ke *filter press* (H-320) untuk memisahkan *sodium hydroxide* dan *sodium sulfite*. Pemisahan ini dilakukan agar filtrat yang masuk ke evaporator (V-330) hanya mengandung *sodium thiosulfate*. Pada evaporator (V-330) kondisi operasi yang digunakan yakni suhu 100°C dengan tekanan 1 atm. Filtrat dipekatkan menjadi 64% agar kondisinya jenuh dengan mengurangi kadar airnya. Hasil dari evaporator (V-330) akan di pompa menuju *crystallizer* (X-340) untuk membentuk *sodium thiosulfate pentahydrate* dengan tekanan 1 atm (Hutchins *et al.*, 1917).

c. Tahap Pemurnian Produk

Hasil *sodium thiosulfate pentahydrate* yang sudah terbentuk pada *crystallizer* (X-340) dipindahkan menggunakan *screw conveyor* (J-351) menuju ke *rotary dryer* (B-350). Pada *rotary dryer* (B-350) suhu udara kering yang masuk 95°C dengan tekanan 1 atm digunakan untuk mengurangi kandungan air yang terikut pada *crystallizer* (X-340). Kemudian kristal dengan kemurnian 99,44% didinginkan menggunakan *cooling conveyor* (J-411) dan menuju *bucket elevator* (J-412) untuk di angkut ke atas menuju *crusher* (C-410) untuk mengecilkan kristal *sodium thiosulfate pentahydrate*. Kristal akan menuju *screener* (H-413) untuk penyeragaman ukuran dengan cara diayak. Kristal yang masih memiliki ukuran besar akan di *recycle* dan diangkut menggunakan *bucket elevator* (J-415) menuju *crusher* (C-410). Kristal yang keluar dari *screener* (H-413) kemudian di *packing* dan di simpan dalam gudang produk (F-420).

Diagram alir proses pada pabrik *sodium thiosulfate pentahydrate* dapat dilihat pada gambar berikut:

- Unit Penyedia *Steam*

Unit penyedia *steam* memiliki peran penting dalam menghasilkan *steam* yang digunakan sebagai penunjang proses produksi *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*. *Steam* digunakan sebagai media pemanas dalam *Heater* dan *Evaporator*. Kebutuhan *steam* ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 2. Total Kebutuhan *Steam*

No	Alat	Laju Alir (kg/jam)
1	<i>Heater</i> (E-221)	1.215
2	<i>Evaporator</i> (V-330)	1.391
3	<i>Make up steam</i> (20%)	521,2
Total		3.127,2

- Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* digunakan untuk pengoperasian alat proses, alat utilitas, untuk penerangan serta keperluan lainnya. Sumber listrik didapatkan dari Perusahaan Listrik Negara dan Pembangkit Tenaga Diesel (PLTD). Untuk keperluan penerangan listrik didapatkan dari PLN sedangkan untuk keperluan proses didapatkan dari PLTD. Total kebutuhan listrik ditunjukkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 3. Total Kebutuhan Listrik

No	Jenis Kebutuhan	Daya (kW/jam)
1	Alat Proses dan Utilitas	546,97
2	Kantor, Laboratorium, dan Fasilitas Lainnya	109,394
3	Penerangan	60,712
	Faktor Keamanan (20%)	143,415
Total		860,492

- Unit Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* ini adalah *diesel fuel* untuk bahan bakar generator pada unit pembangkit listrik dan bahan bakar boiler pada unit pengadaan *steam*. Kebutuhan total bahan bakar ditunjukkan pada tabel 5 berikut.

Tabel 4. Kebutuhan Bahan Bakar

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah
1	Generator	129 kg/jam
2	Boiler	187,498 kg/jam
Total		316,5 kg/jam 697,767 lb/jam

- Unit Pengolahan Limbah

Limbah padat yang dihasilkan berbentuk *cake* yang dihasilkan dari filtrasi pada *Filter Press 2* berupa NaOH, *inert*, dan Na₂SO₃. Limbah padat diolah dengan cara melakukan pemisahan antara filtrat dengan *cake* pada alat *clarifier*, filtrat yang telah diolah sesuai baku mutu dapat dibuang ke lingkungan. Limbah padat akan diolah dengan memisahkan *cake* dengan air filtratnya dengan *clarifier* agar sesuai dengan baku mutu dan diijinkan untuk dibuang ke lingkungan. Limbah cair berupa air pendingin pada





Tangki Pelarutan NaOH, Absorber, Reaktor, dan *Cristallizer* akan diolah untuk dikondisikan suhunya sehingga dapat dikembalikan menjadi air pendingin. Limbah cair diolah dengan cara filtrasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang dibawa oleh air pendingin selama proses. Gas SO₂ dari absorber akan dialirkan menuju unit utilitas untuk dikondisikan suhu dan tekanannya. Gas SO₂ dalam unit utilitas akan dilewatkan dalam filter untuk menyaring padatan (debu) yang terikut selama proses berlangsung. Gas SO₂ yang telah diolah akan dikembalikan ke proses sebagai bahan baku utama.

3. Evaluasi Ekonomi

Suatu perancangan pabrik tentunya memperhatikan beberapa aspek penting salah satunya evaluasi ekonomi. Penentuan bahwa layak tidaknya suatu pabrik didirikan tergantung pada hasil perhitungan pada evaluasi ekonomi. Terdapat beberapa analisa penting yang mempengaruhi kelayakan pabrik tersebut didirikan. Tabel 6 menunjukkan analisa terkait evaluasi ekonomi.

Tabel 5. Analisa Ekonomi Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*

Analisa	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
ACF	22%	Layak
POT	4,1	Layak
NPOTLP	Rp546.302.294.660	Layak
TCS	Rp428.490.557.179	Layak
ROR	14%	Layak
DCF-ROR	18%	Layak
BEP	48%	Layak

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian proses dan hasil perhitungan Pra-Rancangan Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate*, pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* ini memiliki kapasitas produksi sebesar 15.000 ton/tahun. Bentuk Perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *Line and Staff*. Pembangunan Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* direncanakan mulai pada tahun 2029 di Kawasan Industrial Estate Cilegon (KIEC), Banten. Pabrik beroperasi kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk mengoperasikan pabrik ini sebanyak 175 karyawan. Evaluasi ekonomi diperoleh waktu pengembalian selama 4,1 tahun dan BEP sebesar 48%. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang diperoleh

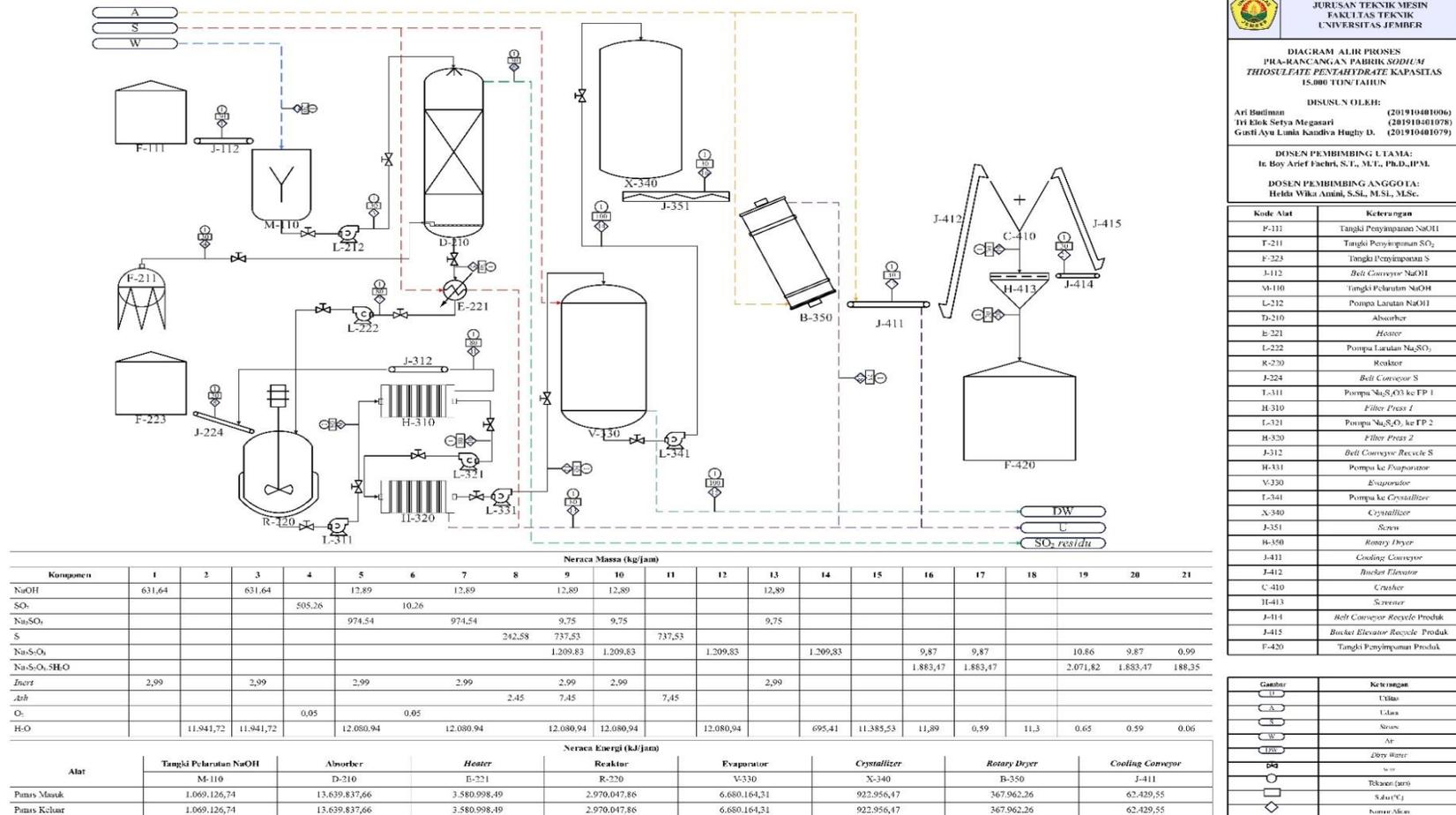
dapat disimpulkan bahwa Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilliani, C. (2022). *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) PT Global Eksekutif*.
- Azmia, P.N., Mirnandaulia, M., Fernandez, B.R., Marbun, N.V.M.D., Tarigan, E.R., & Hikmawan, O. (2023). Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar pada Boiler dengan Variasi Komposisi Fiber dan Cangkang Kelapa Sawit di PT.Domias Agroiinti Prima. *Jurnal Agrotroistek*, 2(2), 14–19.
- Beach, D.H. (1981). Hypo-Hydrated sodium thiosulfate. *Journal of Chemical Education*, 58(4), 325.
- Brown, G.G. (1950). *Unit Operations*. New Delhi: CBS Publishers & Distrbutors.
- Brownell, L.E., & Young, E.H. (1959). *Process Equipment Design-Wiley-Interscience (1959).pdf*. New York: John Wiley & Sons.
- Dean, J.A. (1994). *Lange's Handbook of Chemistry. Fifteenth Japanese Journal of Cancer and Chemotherapy*. Fifteenth. McGraw-Hill.
- Dhamayanthie, I., & Nugraha, D.F. (2018). Proses Pengolahan Air Pendingin pada Unit Utilitas Area Karawang. *Jurnal Migasian*, 2(1), 15–21.
- Fogler, H.S. (2018). *Essentials of Chemical Reaction Engineering*. Second Edi. United States of America: Prentice Hall International.
- Geankoplis, C.J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. Third Edit *Prentice Hall International*. Third Edit. New Jersey: Prentice Hall International.



PRA-RANCANGAN PABRIK *SODIUM THIOSULFATE PENTAHYDRATE* KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pra-Rancangan Pabrik *Sodium Thiosulfate Pentahydrate* Kapasitas 15.000 Ton/Tahun



- Geankoplis, C.J., Hersel, A.A., & Lepek, D.H. (2018). *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fifth Edit. United States of America: Pearson Education.
- Green, D.W., & Southard, M.Z. (2019). *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Ninth Edit. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Hall, A.H., & Rumack, B.H. (1987). Hydroxycobalamin/sodium thiosulfate as a cyanide antidote. *Journal of Emergency Medicine*, 5(2), 115–121.
- Herianto, B. (2020). Potensi Bahaya dan Risiko di Tempat Kerja. *Prashetyaquality.Com*, (October), 6.
- Hlabano-moyo, B.M. (2013). *Separation of SO₂ / O₂ Using Membrane Technology*. North West University.
- Holland, F.A., & Chapman, F.S. (1996). *Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
- Howard, H. (1926). *Process for Manufacturing of Sodium Thiosulfate United State Patent Office*.
- Hutchins, T.W.S., Hargreaves, L., & Dunningham, A.C. (1917). *Process for the Manufacture of Sodium Thiosulfate*. England.
- Kern, D.Q. (1965). *Process Heat Transfer*. Tokyo: McGraw Hill International Book Company.
- Kusnarjo. (2010). *Desain Pabrik Kimia*.
- Ludwig, E.E. (1999). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. Third Edit. United States of America: Gulf Professional Publishing.
- McCabe, W.L., Smith, J.C., & Harriott, P. (1956). *Unit Operations of Chemical Engineering*. Fifth Edit. New York: McGraw Hill International Book Company.
- McGeer, P. (2016). Medical uses of Sodium thiosulfate. *Journal of Neurology and Neuromedicine*, 1(3), 28–30.
- Millipore. (2022). *Lembar Data Keselamatan Sulfur*.
- Nugraha, R., Romdlony, M.Z., Fayyedh, I. Al, Elektro, F.T., Telkom, U., Elektro, F.T., Telkom, U., Elektro, F.T., & Telkom, U. (2020). Perancangan Sistem Sensor Lampu Led Dengan Kendali Intensitas Cahaya Otomatis Menggunakan Fuzzy Logic Controller Design of Led Lamp Sensor System With Automatic Light. *E-Proceeding of Engineering*, 7(2), 3000–3009.
- Nurlia. (2019). Pengaruh Struktur Organisasi terhadap Pengukuran Kualitas Pelayanan (Perbandingan Antara Ekspektasi/Harapan dengan Hasil Kerja). *Meraja Journal*, 2(2), 53–58.
- Peng, T., Zhuo, L., Wang, Y., Jun, M., Li, G., Wang, L., & Hong, D. (2018). Systematic review of sodium thiosulfate in treating calciphylaxis in chronic kidney disease patients. *Nephrology*, 23(7), 669–675.
- Perry, R.H., & Green, D.W. (1999). *Perry's Chemical Engineering Handbook*. Seventh Ed McGraw Hill International Book Company. Seventh Ed. New Jersey: McGraw Hill International Book Company.
- Peters, M.S., & Timmerhaus, K.D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., & West, R.E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Pohan, M. (2023). *Buku Ajar Pengantar Hukum Perusahaan*. 1st edition. Purbalingga: Eureka Media Aksara.





- Setyaningsih, Y. (2018). Buku Ajar Higiene Lingkungan Industri. *FKM UNDIP Press*, 268.
- Sharma, R., Acharya, S., & Sharma, A.K. (2010). Effect Of Absorption Of Sulphur Dioxide In Sodium Hydroxide Solution To Protect Environment: A Case Study At Shree Power , Beawar , Rajasthan. *Int. J. Che. Sci*, 8(2), 1021–1032.
- Sigmaaldrich. (2023). *Safety Data Sheet of SulphurDioxide Encyclopedia of Toxicology*.
- Sinnott, R., & Towler, G. (2020). *Chemical Engineering Design*. Sixth Edit. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Sinnott, R.K. (1993). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering*. Third Edit. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Sinnott, R.K. (2005). *Chemical Engineering Design*. Fourth Edi. Oxford: Elsevier.
- Smartlab. (2019a). *Lembar Data Keselamatan Bahan Natrium Hidroksida*.
- Smartlab. (2019b). *Lembar Data Keselamatan Bahan Sodium Thiosulphate Pentahydrate*.
- Smartlab. (2021). *Lembar Data Keselamatan Bahan Air*.
- Smith, J., Ness, H.C. Van, & Abbott, M.M. (2001). *Chemical Engineering Thermodynamics*. Sixth Edit. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Suparji. (2015). *Transformasi Badan Hukum di Indonesia Repository.Uai.Ac.Id*.
- Suratman. (2009). Studi Konsumsi Tiosulfat Pada Proses Ekstraksi Emas Dengan Larutan Amonia Tiosulfat. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 5(3), 114–120.
- Treybal, R.E. (1981). *Mass Transfer Operations*. Third Edit. Singapore: McGraw Hill International Book Company.
- Ulrich, G.D. (1984). *A Guide tp Chmical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons.
- Walas, S.M. (1990). *Equipment, Chemical Process Design, Heterogeneous Reactor*. Washongson Street: Butterworth-Heinemann.
- Wang, Z., Peng, Y., Ren, X., Gui, S., & Zhang, G. (2015). Absorption of sulphurdioxide with sodium hydroxide solution in spray columns. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 54(35), 8670–8677.
- Yaws, C.L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Yuliandi, C.D., & Ahman, E. (2019). Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Di Lingkungan Kerja Balai Inseminasi Buatan (Bib) Lembang. *Jurnal MANAJERIAL*, 18(2), 98–109.
- Zhang, X.M., & Senanayake, G. (2016). A Review of Ammoniacal Thiosulfate Leaching of Gold: An Update Useful for Further Research in Non-cyanide Gold Lixivants. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 37(6), 385–411.

