

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 150.000 TON/TAHUN

Audi Nur Amartya^{1,*}, Riavinola Viyoni Pramudiska¹, Mawardhi Nabilla Putri Agustin¹
Meta Fitri Rizkiana¹, Helda Wika Amini¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember Jl. Kalimantan No. 37, Jember Jawa Timur, 68121

*E-mail: audyamrty@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara dengan perkembangan industri kimia yang pesat. Berkembangnya sektor industri kimia di Indonesia beriringan dengan peningkatan jumlah bahan baku yang harus dipenuhi untuk kebutuhan produksi, salah satunya adalah asam sulfat. Asam sulfat merupakan salah satu bahan kimia utama maupun penunjang yang banyak diperlukan diberbagai industri kimia. Rancangan pabrik asam sulfat ini memiliki kapasitas produksi 150.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah hidrogen sulfida dengan katalis vanadium pentaoksida. Proses produksi asam sulfat menggunakan proses wet sulfuric acid (WSA). Pabrik akan didirikan di Balikpapan, Kalimantan Timur dengan waktu produksi 330 hari/tahun. Proses produksi terdiri dari proses pembakaran gas hirogen sulfida, reaksi oksidasi, serta hidrasi. Proses pembakaran akan dilakukan dalam furnace, reaksi oksidasi akan dilakukan di reaktor fixed multibed dengan suhu operasi sebesar 410°C dan tekanan 1 atm, dan proses hidrasi akan terjadi dalam heat exchanger. Utilitas pendukung proses meliputi kebutuhan air 2.985,636 m³/hari, kebutuhan steam 3.955,907 kg/jam, kebutuhan cold process gas 126.920,470 kg/jam, kebutuhan listrik 131,022 kWh dan bahan bakar yang diperlukan furnace sebanyak 3.043,425 kg/jam. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 220 orang, terdiri atas karyawan shift dan non shift. Berdasarkan evaluasi ekonomi, Annual Cash Flow (ACF) yang didapatkan sebesar 35%, Pay Out Time (POT) sebesar 3,2 tahun, dan Break Event Point (BEP) sebesar 43,95%.

Kata Kunci: asam sulfat, hidrogen sulfida, wet sulfuric acid, fixed multibed reactor

1. Pendahuluan

Sektor industri merupakan salah satu sektor utama bagi Indonesia dalam menyongsong perkembangan industri 4.0 di Kawasan ASEAN. Industri 4.0 memiliki dampak baik pada aspek fleksibilitas, produksi, peningkatan layanan pelanggan, dan peningkatan pendapatan, terwujudnya potensi manfaat tersebut tentu akan memberi dampak positif bagi perekonomian negara (Prasetyo dkk, 2018). Di Indonesia, sektor industri kimia saat ini menjadi salah satu prioritas nasional untuk pengembangan industri 4.0 (Utomo dkk, 2019). Tercatat pada tahun 2020, ekspor industri kimia, farmasi, dan tekstil dapat mencapai USD 33,99 Miliar. Namun, pada tahun 2020 impor untuk produk kimia juga masih sangat tinggi mencapai 4,6 juta ton (Kemenperin, 2022). Hal tersebut mengindikasikan bahwa masih diperlukannya peningkatan kapasitas produksi pada industri kimia untuk dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Perkembangan industri kimia di Indonesia juga masih terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, seiring dengan banyaknya industri kimia yang dibangun tentu berdampak pada

meningkatnya kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang untuk industri tersebut. Salah satu bahan baku yang diperlukan oleh sebagian besar industri adalah asam sulfat, tercatat oleh Badan Pusat Statistik tahun 2018 bahwa kebutuhan asam sulfat di Indonesia dari tahun 2011 hingga 2015 terus mengalami peningkatan. Dari data tersebut dapat diperkirakan pada tahun 2027 kebutuhan atau konsumsi asam sulfat dalam negeri mencapai angka 3 juta ton/tahun. Asam sulfat biasanya dibutuhkan dalam pembuatan pupuk fosfat serta pembuatan trinitrium fosfat untuk industri deterjen. Selain itu, asam sulfat juga dibutuhkan dalam jumlah yang banyak pada industri besi dan baja untuk menghilangkan karat, kerak air, dan oksidasi sebelum produk didistribusikan menuju industri otomobil. Asam sulfat juga digunakan dalam pembuatan aluminium sulfat yang berperan sebagai katalis asam, biasanya digunakan pada industri tekstil terutama nilon. Mengingat pentingnya asam sulfat, maka kebutuhan negaraterhadap asam sulfat dapat dijadikan salah satu tolak ukur kemajuan industri negara tersebut (Hakim dkk, 2018).



Asam sulfat biasanya terbuat dari bahan baku sulfur yang didapatkan dari daerah pegunungan atau lokasi yang mengandung banyak sulfur dan diproses melalui proses kontak. Selain sulfur, terdapat bahan baku lain yang dapat digunakan untuk pembuatan asam sulfat yaitu hidrogen sulfida yang merupakan gas buangan dari industri. Hidrogen sulfida merupakan gas beracun yang tidak berwarna, mudah terbakar dan berbau busuk yang dapat mencemari lingkungan (Herlianty dan Dewi, 2013). Industri yang dapat menghasilkan gas hidrogen sulfida antara lain adalah industri pengeboran sumur migas, penyulingan migas, pertambangan bawah tanah, pabrik petrokimia, pabrik pengolahan belerang, pabrik pengolahan kertas, dll.

Melihat besarnya kebutuhan asam sulfat di Indonesia, maka perlu dilakukan pembangunan pabrik baru untuk memenuhi kebutuhan asam sulfat untuk industri kimia di Indonesia. Kapasitas produksi pabrik asam sulfat ini akan ditentukan dengan menganalisis nilai ekspor, impor, produksi, dan konsumsi pasar dari tahun ke tahun sehingga didapatkan peluang kapasitas atau kebutuhan asam sulfat pada tahun pembangunan pabrik. Dilakukan perhitungan pertumbuhan rata-rata nilai ekspor, impor, produksi, dan konsumsi produk tiap tahun menggunakan metode *linear*, kapasitas produksi ditentukan dengan acuan pertumbuhan rata-rata yang telah didapatkan sehingga dapat diperkirakan total kebutuhan asam sulfat pada tahun-tahun selanjutnya. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan kapasitas produksi asam sulfat dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1. 1 Data produksi asam sulfat (P3DN, 2023) dan impor asam sulfat di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2023)

Tahun	Produksi	Impor
2016	2.327.000	494.713,832
2017	2.327.000	316.548,576
2018	2.327.000	491.373,933
2019	2.327.000	399.945,446
2020	2.327.000	144.054,595

Tabel 1. 2. Data konsumsi dan ekspor asam sulfat di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2018)

Tahun	Ekspor	Konsumsi
2011	21.969,335	346.125,9
2012	61,420	485.131,8
2013	109,791	1.128.733
2014	0,220	474.520,2
2015	0,003	416.790,2

Metode perhitungan secara linear digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan pasar pada tahun 2027 dan menentukan kapasitas produksi pabrik asam sulfat. Digunakan persamaan berikut untuk mencari nilai pertumbuhan rata-rata,

$$i = \frac{\sum \%P}{n} \quad (1.1)$$

Dengan

n : Jumlah data perhitungan

i : Pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

P : Pertumbuhan pertahun (%)

Digunakan persamaan berikut untuk memproyeksikan kebutuhan pasar pada tahun 2027,

$$M_n = M \times (1 + i)^a \quad (1.2)$$

Tabel 1.3 Proyeksi Pasar Asam Sulfat di Indonesia Tahun 2027

Proyeksi pada Tahun 2027	Berat (ton)
Produksi	2.327.000
Konsumsi	3.921.843
Impor	55.783,895
Ekspor	0,000002928

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan data proyeksi peluang kapasitas pabrik asam sulfat baru pada tahun 2027 sebesar 1.594.843,669 ton/tahun. Dengan beberapa pertimbangan, direncanakan pabrik asam sulfat akan dibangun dengan kapasitas 150.000 ton/tahun pada tahun 2027 atau sebesar 9,41% dari peluang kapasitas. Berikut pertimbangan penentuan kapasitas:

1. Dapat memenuhi kebutuhan asam sulfat dalam negeri dengan mencukupi kebutuhan impor asam sulfat pada tahun 2027
2. Menciptakan lapangan kerja baru
3. Mempertimbangkan bahan baku dalam negeri sehingga tidak perlu impor
4. Mendukung peningkatan perekonomian negara melalui kegiatan ekspor
5. Mendukung perkembangan dan peningkatan sektor industri lain yang membutuhkan asam sulfat



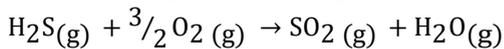


2. Uraian Proses

Asam sulfat diproduksi dengan bahan baku hidrogen sulfida melalui beberapa tahapan proses, yaitu:

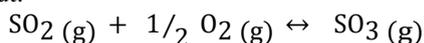
1. Tahap Pembakaran gas H₂S menjadi SO₂

Dalam proses ini, udara akan dinaikkan suhunya dengan menggunakan *heat exchanger* (E-112). Digunakan sebesar 20% *excess* air untuk memastikan proses pembakaran dapat berlangsung secara sempurna. Fluida panas yang digunakan pada *heat exchanger* (E-112) merupakan keluaran gas hasil pembakaran dari furnace dengan suhu yang tinggi. Suhu pada feed gas yang mengandung H₂S juga akan dinaikkan menggunakan *heat exchanger* (E-114). Reaksi pembakaran dilakukan dalam furnace (Q-110) antara *feed gas* dan udara pada suhu 1050°C (Patent US 2014/02-05534A1). Di dalam furnace (Q-110) hidrogen sulfida akan dibakar dan bereaksi menjadi sulfur dioksida. Reaksi pembakaran hidrogen sulfida dengan oksigen menjadi SO₂ berupa reaksi eksotermis dengan reaksi sebagai berikut:



2. Tahap Oksidasi SO₂ menjadi SO₃ dengan Katalis V₂O₅

Gas SO₂ yang telah dihasilkan dari proses pembakaran pada furnace (Q-110) kemudian didinginkan terlebih dahulu dalam *cooler* (E-211) sebelum masuk ke dalam reaktor *fixed multibed* (R-210) dengan menggunakan media pendingin *cold process gas*. Reaktor terdiri atas 3 *bed*, pada keluaran *bed* 1 dan 2 terdapat *intercooler* (E-213) dan (E-214) untuk mendinginkan gas umpan sebelum masuk ke dalam *bed* selanjutnya. Reaksi oksidasi antara SO₂ dan O₂ dilakukan dengan bantuan katalis Vanadium pentaoksida (V₂O₅) pada kondisi operasi tekanan 1 atm dan suhu 410°C (Patent US 2014/02-05534A1). Peningkatan konversi berlangsung secara bertahap dari *bed* 1 hingga *bed* 3 dengan konversi akhir SO₂ yang bereaksi sebesar 95%. Reaksi oksidasi berlangsung secara eksotermis dengan fase reaksi berupa gas-gas. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

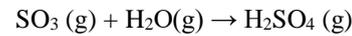


Produk keluar dari reaktor *fixed multibed* (R-210) kemudian dialirkan menuju *heat exchanger* (E-216).

3. Tahap Hidrasi dan Kondensasi gas SO₃ dengan H₂O menjadi H₂SO₄

Hasil dari reaksi oksidasi di dalam reaktor (R-210) menghasilkan gas SO₃, gas tersebut akan masuk ke dalam *heat exchanger* untuk

didinginkan dan membentuk asam sulfat. Di dalam *heat exchanger* (E-216) SO₃ akan bereaksi dengan H₂O yang telah terkandung dalam gas umpan tersebut untuk membentuk asam sulfat kemudian didinginkan dengan tekanan 1 atm. Berikut ini merupakan reaksi antara SO₃ dengan H₂O di dalam *heat exchanger* (E-216).



Di dalam wet sulfuric acid (WSA) kondenser (E-311) akan terjadi perubahan fase asam sulfat dari gas menjadi liquid. Tidak semua gas akan terkondensasi di dalam kondenser, sehingga keluaran dari WSA kondenser tersebut terdiri dari 2 fase, yaitu fase keluaran gas dan fase keluaran *liquid*. Tahap pemisahan akan dilakukan di dalam separator (H-310) untuk memisahkan produk asam sulfat liquid dari gas yang tidak terkondensasi. Kemurnian produk yang dapat dicapai melalui proses *wet sulfuric acid* (WSA) ini dapat mencapai 98%.

3. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu aspek yang memiliki peranan penting dalam berlangsungnya proses produksi. Berikut beberapa unit utilitas yang digunakan:

1. Unit pengadaan air
2. Unit pengadaan *steam*
3. Unit pengadaan listrik
4. Unit bahan bakar

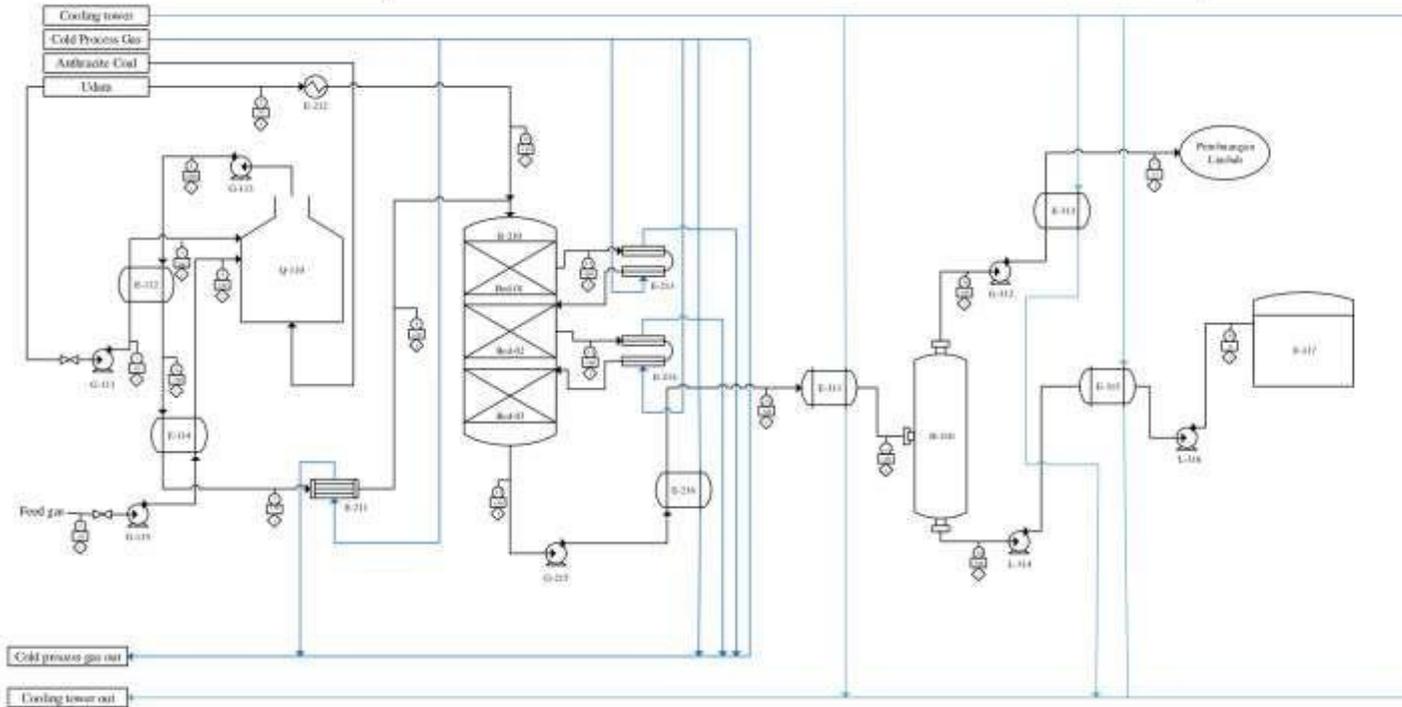
Utilitas pendukung proses produksi asam sulfat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 3.1 Utilitas pabrik

Utilitas	Kuantitas
Kebutuhan Air	2.985,636 m ³ /hari
Kebutuhan Steam	3.955,907 kg/jam
Cold process gas	126.920,470 kg/jam
Kebutuhan listrik	131,022 kWh
Bahan bakar furnace	3.043,425 kg/jam



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI HIDROGEN SULFIDA
KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN**



Komponen	Arus (kg/jam)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
H2S	-	11417,088	-	11417,088	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O2	6755,513	-	6755,513	-	890,843	1902,843	1902,843	1902,843	1722,274	1722,274	2022,266	4104,95	271,372	4164,89	403,493	4104,89	4104,89	4104,89	4003
N2	4049,87	17080,945	4163,97	35600,945	8215,933	8215,933	8215,933	8215,933	3075,469	3011,460	4721,995	4721,385	4721,385	4721,389	4721,395	4721,393	4721,389	4721,389	4096
SO2	-	-	-	-	1268,801	1268,801	1268,801	1268,801	-	-	9724,178	1428,426	71,471	1428,624	1428,625	1428,628	1428,626	1428,626	1428,626
H2O	-	-	-	-	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829	-	-	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829	3733,829
SO3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3972,577	4684,897	15781,016	315621	315621	315621	315621	315621	315621
H2SO4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18945,443	18945,443	20,058	20,058	19254,285	18324,285
Total	4008,096	7171,302	4008,096	7171,302	8630,504	8630,508													

Keterangan	
○	Saluran
□	Salu
◇	Tekanan
---	Electric Connection
—	Pipng
⊕	Tekanan Udara
⊗	Control Valve

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK MIKRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2023

**Process Flow Diagram:
PRARANCANGAN PABRIK ASAM SULFAT DARI
HIDROGEN SULFIDA KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh:
Muhammad Nabila P. (191910401023)
Anuli Nur Amartya (191910401084)
Ravinda Viyoni P. (191910401103)

Dosen Pembimbing Utama:
Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.
Dosen Pembimbing Anggota:
Helda Wika Amini, S.Si., M.Sc., M.Sc.

Nomor Alat	Keterangan
Q-110	Furnace
G-111	Blower 1
E-112	Heat Exchanger 1
G-113	Blower 2
E-114	Heat Exchanger 2
G-115	Blower 3
R-210	Reaktor Multibed
E-211	Cooler 1
E-212	Heater
E-213	Intercooler 1
E-214	Intercooler 2
E-215	Blower 4
E-216	Reaktor HE
H-310	Separator
E-311	Kondensator
G-313	Blower 5
E-314	Cooler 2
L-315	Pompa 1
E-316	Cooler 3
L-317	Pompa 2
F-318	Tangki Penyimpanan

Gambar 1. Process Flow Diagram Pabrik Asam Sulfat

4. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi perancangan pabrik asam sulfat dari hidrogen sulfida dilakukan untuk mengetahui kelayakan pendirian pabrik serta mengetahui keuntungan yang dihasilkan. Pabrik dianggap layak didirikan jika dapat beroperasi dengan baik dan memberikan keuntungan. Dalam perancangan pabrik asam sulfat perlu dibuat evaluasi atau penilaian investasi yang ditinjau menggunakan parameter-parameter sebagai berikut:

- Lama waktu pengembalian (*Pay Out Time*)
- Keuntungan (*Profitability*)
- Total modal akhir (*Total Capital Investment*)
- Laju pengembalian modal (*Rate of Return*)
- Titik impas (*Break Event Point/BEP*)

Pabrik dinyatakan layak dibangun jika hasil evaluasi telah memenuhi beberapa parameter atau persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil evaluasi kelayakan ekonomi pabrik asam sulfat dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Rangkuman Evaluasi Ekonomi Pabrik

Parameter	Nilai	Syarat
Annual Cash Flow (ACF)	35%	ACF > bunga bank (8,42%) [layak]
Pay Out Time (POT)	3,2 tahun	POT < 5 tahun [layak]
Net Profit Over Total Life of the Project (NPOTLP)	\$ 138.847.646	NPOTLP > TCI + Jumlah Bunga Pinjaman [layak]
Total Capital Sink (TCS)	\$ 122.052.664	TCS > TCI [layak]
Rate of Return (ROR)	35,61%	ROR > bunga bank (8,42%) [layak]
Discounted Cash Flow (DCF-ROR)	33,61%	DCF-ROR > bunga bank (8,42%) [layak]
Break Event Point (BEP)	43,95%	40-50% dari kapasitas produksi [layak]

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah didapatkan, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- Pabrik asam sulfat yang dirancang memiliki kapasitas produksi sebesar 150.000 ton/tahun;
- Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari;
- Pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat direncanakan akan dibangun di Balikpapan, Kalimantan Timur dengan luas tanah dan bangunan sebesar 3,2 hektar;
- Bahan baku berupa hidrogen sulfida didapat dari PT Pertamina Mahakam (Refinery Unit V), Balikpapan
- Bentuk badan usaha yang diterapkan adalah perseroan terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 220 orang;
- Perhitungan Evaluasi ekonomi didapatkan hasil:
 - Annual cash flow (ACF): Rp 220.960.375.201 (35%)
 - Pay out time (POT): 3,2 tahun
 - Net profit over total lifetime of the project (NPOTLP): \$ 138.847.646
 - Total capital sink (TCS): \$122.052.664,
 - Rate of return (ROR): 35,16%
 - Discounted cash flow rate of return (DCF-ROR): 33,61%
 - Break event point (BEP): 43,95%
- Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam sulfat dengan kapasitas produksi sebesar 150.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Austin, G. T. (1984). Shreve's Chemical Process Industries. 5th edition: McGraw-Hill Book. New York.
- Badan Pusat Statistik, Data Ekspor *Sulphuric Acid*. (2018).
- Badan Pusat Statistik, Data Impor *Sulphuric Acid*. (2023).
- Badan Pusat Statistik, Data Angkatan Kerja. (2023).
- Branan, Carl. (2002). Rules of Thumb For Chemical Engineers 3rd Ed. Elsevier. United States of America.





- Brown, George Granger. (1950). Unit Operations. Wiley.
- Brownell, L. E., Young, E. H. (1979). Process Equipment Design. John Wiley and Sons. New York.
- Carl, L. Yaws. (1999). Chemical Properties Handbook. McGraw-Hill. United States of America.
- Coulson, J. M., Richardson, J. F. (1983). Chemical Engineering. Vol. 6. Pergamon Press. Oxford.
- Geankoplis, C. J. (1983). Transport Process and Unit Operation Third Edition. Prentice-Hall, Inc. United States of America.
- Hakim, M. L., Aini, F. I. N., Hendriani, N., Juliastuti, S. R. (2018). Pra Desain Pabrik Asam Sulfat dari Belerang dengan Proses Double Kontak dan Double Absorber. Jurnal Teknik ITS. 7(1): 138-140.
- Herlianty, Shinta., dan Dewi, Kania. (2013). Potensi Gangguan Bau Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) di Lingkungan Kerja PT Pertamina (PERSERO) RU IV Cilacap. Jurnal Teknik Lingkungan. 19(2): 196-204.
- Himmelblau, D.M., Riggs, J. B. (2004). Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Seventh Edition. Bernard Goodwin.
- Kern, D.Q. (1950). Process Heat Transfer. McGraw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kirk, K. E., dan Othmer, D. F. (1981). *Encyclopedia of Chemical Technology. The Interscience Encyclopedia*. 9(3).
- Kusnarjo. (2010). Desain Pabrik Kimia. Surabaya: ITS.
- Perry, R.H., Green, D. W. (1997). Perry's chemical Engineer's Handbook 7th ed. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. (2003). Plant Design and economic for Chemical Engineering 5th ed. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Putra, M.F., dan I.A. Amar. (2020). Prarancangan Pabrik Asam Sulfat Dari Hidrogen Sulfida Dengan Kapasitas 100.000 ton/tahun. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Prasetyo, Hoedi., dan Sutopo, Wahyudi. (2018). Industri 4.0: Telaah Klasifikasi Aspek dan Perkembangan Riset. Jurnal Teknik Industri. 13(1): 17-26.
- Rosenberg, H. (2006). *Topsoe wet gas sulphuric acid (WSA) technology – an attractive alternative for reduction of sulphur emissions from furnaces and converters. International Platinum Conference 'Platinum Surges Ahead'*. The Southern African Institute of Mining and Metallurgy.
- Ulrich, G. D. (1984). A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley and Sons, Inc. New York

