

## PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES DORR KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Achmad Faiz Muqorrobin<sup>1</sup> \*, Rhafiq Abdul Ghani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: achmadfaizmuqorrobin@gmail.com

### Abstrak

Aluminium sulfat berasal kata alum atau dalam bahasa latin disebut alumen. Aluminium sulfat atau senyawa yang memiliki rumus molekul  $Al_2(SO_4)_3$  lebih dikenal dengan tawas merupakan salah satu bahan kimia yang sangat diperlukan dalam industri pengolahan air. Selain itu aluminium sulfat juga banyak digunakan dalam industri kertas untuk mengatur pewarnaan kertas pada serat kertas, pengawetan biji, dan penghilang bau minyak mineral. Selama ini, sebagian besar kebutuhan aluminium sulfat diimpor dari luar negeri seperti dari Singapura dan Australia dengan harga yang cukup mahal, sedangkan kebutuhannya cukup banyak. Perkembangan penduduk Indonesia yang semakin pesat dan penggunaan air semakin banyak menyebabkan penggunaan aluminium sulfat juga semakin meningkat. Oleh karena itu, produksi aluminium sulfat sangatlah penting untuk mengatasi kekurangan dan mengurangi impor dari luar negeri. Pendirian pabrik ini diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk aluminium sulfat sebesar 50.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2027. Bahan baku utama yang diperlukan adalah bauksit yang dibeli dari hasil tambang bauksit di Kalimantan Barat. Pabrik akan didirikan di daerah Mempawah, Siantan hilir, Pontianak, Kalimantan Barat dimana lokasi tersebut dekat dengan sumber air serta akses yang memadai. Proses yang digunakan untuk pembuatan aluminium sulfat adalah aluminium sulfat dari bauksit dan asam sulfat. Adapun reaktor yang digunakan yaitu Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dan reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas). Produk yang keluar reaktor selanjutnya didinginkan di cooler lalu di masukkan ke settling tank, dengan penambahan BaS berfungsi untuk mereduksi  $Fe_2(SO_4)_3$  dan penambahan flake glue untuk membentuk flok-flok agar mudah mengendap. Kemudian dari settling tank di pompa menuju spray dryer untuk pengeringan. Setelah kering, kemudian dimasukkan kedalam cyclone. Dari cyclone kemudian didinginkan di cooling conveyor, lalu diseragamkan ukuran melalui ball mill dan screen yang selanjutnya dibawa menggunakan bucket elevator dan di tampung didalam bin aluminium sulfat, kemudian dilakukan pengepakan lalu disimpan didalam gudang. Pemasaran aluminium sulfat diutamakan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line dan staff. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari shift dan non-shift dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 151 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) adalah Rp 141.177.193.396,44 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 210.264.499.560,30. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 38% dan Return of Investment (ROI) setelah pajak sebesar 25%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 2,2 tahun dan Pay Out Time setelah pajak yaitu 3,0 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 56% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 28%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut maka pabrik aluminium sulfat dengan kapasitas 50.000 ton/tahun ini layak dikaji lebih lanjut.

**Kata Kunci:** Aluminium sulfat, bauksit, asam sulfat, RATB



## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang dengan tingkat pertumbuhan industri yang tinggi. Perkembangan teknologi saat ini mengakibatkan semakin pesatnya perkembangan industri kimia di dunia termasuk juga di Indonesia. Produk-produk industri kimia saat ini telah menjadi kebutuhan hampir di semua bidang kehidupan sehari-hari. Kementerian Perindustrian Indonesia saat ini berkomitmen untuk memberikan prioritas bagi pengembangan industri kimia dan logam melalui upaya strategis meningkatkan daya saing serta pertumbuhan industri dalam negeri. Terlebih dengan penggunaan bahan baku dari sumber daya alam yang banyak terdapat di Indonesia, biaya produksi untuk menghasilkan produk tersebut dapat diminimalisir. Salah satu bahan baku yang ada adalah bauksit dan dapat diolah menjadi produk antara lain berupa aluminium sulfat (Hakim, 2018).

Bahan baku yang digunakan untuk proses pembuatan aluminium sulfat tersedia dalam jumlah yang cukup besar di dalam negeri. Bahan baku tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu sumber aluminium dan sumber sulfat. Namun para industriawan dan ilmuwan berlomba-lomba mencari bahan baku yang baru atau proses pembuatan yang lebih efisien. Umumnya aluminium sulfat dibuat dari bauksit dan asam sulfat sehingga ketergantungan pabrik terhadap luar negeri sangat kecil (Ismayanda, 2011). Indonesia memiliki potensi bauksit yang relatif besar terutama di Pulau Bintan dan Kalimantan Barat (Wulansari, 2016).

Sejak abad ke-17 penggunaan berbagai jenis aluminium sulfat sebagai koagulan sudah marak digunakan. Aluminium sulfat adalah larutan asam buffer yang dapat menyebabkan iritasi ketika terjadi kontak dengan mata, kulit atau selaput lendir. Aluminium sulfat sudah digunakan sebagai unit penjernih air minum pada abad ke-17 oleh Sommerville, N.J di United States lalu diadopsi oleh perusahaan air Hackensack dan perusahaan air Amerika Serikat. Aluminium Sulfat di produksi dengan formula  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ . Aluminium sulfat dapat digunakan dalam pembuatan kertas untuk mengentalkan bubur kayu dalam proses pembuatankertas, industri kulit, industri batik, industri tekstil, industri kosmetik, industri bahan pemadam api (Ismayanda, 2011). Berdasarkan data ekspor dan impor aluminium sulfat dari Indonesia ke beberapa negara terdekat yang dilihat dari data

Uncomtrade, pendirian pabrik ini diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Selain itu dapat menambah pemasukan negara dari pajak, dan mengurangi pengangguran. Pendirian pabrik ini juga mampu meningkatkan devisa negara, karena jika yang diekspor hanya berupa biji bauksit keuntungan yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan mengekspor aluminium sulfat. Hal ini mengingat angka pasar luar negeri masih cukup besar terutama di negara-negara yang tidak memiliki sumber daya alam berupa biji bauksit.

Pabrik aluminium sulfat direncanakan berdiri pada tahun 2027. Beberapa tahun sebelumnya kebutuhan impor aluminium sulfat masih tergolong besar untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berikut adalah data impor dan ekspor aluminium sulfat Indonesia yang b pada Tabel 1 dan 2 dibawah ini (UN comtrade, 2022):

**Tabel 1.** Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (Ton)	Pertumbuhan (%)
1	2016	413.600,787	0,00
2	2017	467.217,162	0,13
3	2018	548.509,100	0,17
4	2019	376.443,451	-0,31
5	2020	388.067,127	0,03
6	2021	420.733,841	0,08
Rata-rata			0,02

**Tabel 2.** Data Ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (Ton)	Pertumbuhan (%)
1	2016	87.412,003	0,00
2	2017	76.502,296	-0,12
3	2018	77.544,739	0,01
4	2019	113.816,062	0,47
5	2020	92.993,958	-0,18
6	2021	116.230,246	0,25
Rata-rata			0,07

Berdasarkan data tersebut maka didapat perkiraan jumlah kebutuhan aluminium sulfat pada tahun 2027 yang didapatkan dengan perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n$$

Keterangan:

F = Nilai kebutuhan pada tahun-2027

P = Besarnya data pada tahun sekarang (ton/tahun)

I = Kenaikan data rata-rata

n = Selisih tahun (tahun ke-n)





Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan discounted method dan data aluminium sulfat pada tahun 2016 sampai 2021 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik aluminium sulfat yang akan didirikan pada tahun 2027 yaitu = 406.781,597 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor. Sebagai pertimbangan kapasitas pabrik, dilihat juga kapasitas produksi pabrik aluminium sulfat di Indonesia, kami mengambil 12% dari kebutuhan aluminium sulfat sebesar 50.000 ton/tahun. Dengan pertimbangan ini kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Indonesia.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Jenis-Jenis Proses

Terdapat dua proses yang dapat digunakan dalam memproduksi aluminium sulfat, dan untuk perbedaan masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 3. berikut:

**Tabel 3.** Seleksi Proses Pembuatan Aluminium Sulfat

Parameter	Macam Proses	
	Dorr	Guilini
Bahan baku	Bauksit	Aluminium Hidroksida
Konversi	92%	78%
Suhu	105 -110 °C	170 °C
Tekanan	1 atm	5-6 atm
Yield	90-95%	17-18%

Berdasarkan Tabel 2.3 diatas, maka dipilihlah proses yang pertama yaitu aluminium sulfat dengan bahan baku bauksit dan asam sulfat, dengan pertimbangan sebagai berikut; konversi pada proses Dorr lebih besar daripada proses guilini, kondisi operasi (suhu dan tekanan) pada proses Dorr lebih rendah daripada proses guilini, yield pada proses Dorr lebih besar daripada proses guilini, kebutuhan bauksit sebagai bahan baku tidak diimpor

## 2.2 Uraian Proses

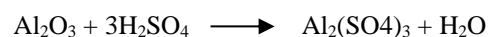
### 2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama aluminium sulfat yakni

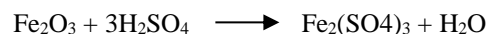
bauksit terdiri dari  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$  yang berupa bongkahan-bongkahan dari gudang diangkut dengan menggunakan belt conveyor menuju jaw crusher untuk menghancurkan bongkahan dari ukuran besar menjadi kecil. Pecahan bauksit dari jaw crusher diangkut lagi menggunakan belt conveyor kemudian dihancurkan lagi dengan menggunakan ball mill sampai ukuran 200 mesh. Keluar dari ball mill, bauksit masuk ke dalam screen. Oversize dikembalikan lagi ke mill untuk dihaluskan kembali, sedangkan undersize diangkut menggunakan bucket elevator lalu di tampung ke hopper bauksit dalam bentuk serbuk. Bahan baku lain berupa  $H_2SO_4$  60% yang disimpan dalam tangki penampungan lalu di alirkan menuju heater untuk dipanaskan dari suhu 30 oC sampai suhu 110 oC.  $H_2SO_4$  60% dengan suhu 110 oC kemudian diumpankan kedalam reaktor untuk direaksikan dengan bauksit.

### 2.2.2 Tahap Reaksi

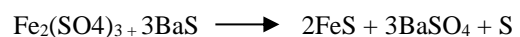
Pada prarancangan ini pabrik aluminium sulfat didasarkan pada reaksi netralisasi yaitu reaksi antara senyawa basa dengan senyawa asam membentuk senyawa garam dan air. Semua atom H dari asam diganti dengan atom logam, jadi ion  $H^+$  dari  $H_2SO_4$  diganti ion  $Al^{3+}$  sehingga membentuk senyawa  $Al_2(SO_4)_3$ . Di dalam reaktor bauksit dan  $H_2SO_4$  60% direaksikan dengan aluminium hidroksida untuk menghasilkan aluminium sulfat. Bauksit dalam bentuk bubuk dan larutan  $H_2SO_4$  dimasukkan kedalam reaktor dengan kondisi operasi 110°C dan tekanan 1 atm selama 180 menit. Adapun jenis reaktor yang digunakan yaitu reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Dari reaksi tersebut menghasilkan aluminium sulfat dengan konversi 92%. Reaksi yang terjadi :



Selain itu juga terdapat reaksi samping yaitu reaksi antara feri oksida dan asam sulfat, sebagai berikut, dengan konversi reaksi perubahan feri oksida menjadi  $FeSO_4$  sebesar 65%.



Produk yang keluar dari reaktor kemudian di pompa menuju cooler untuk didinginkan sampai suhu 30°C. Lalu diumpankan ke settling tank untuk mereaksikan ferro sulfat dengan barium sulfida dari bin yang berfungsi untuk mereduksi  $Fe_2(SO_4)_3$  adapun reaksinya sebagai berikut:



Dan penambahan flake glue dari bin untuk membentuk flok-flok agar mudah mengendap. Over flow dari settling



tank di pompa menuju evaporator. Sedangkan under flow selanjutnya tampung.

### 2.2.3 Tahap Pemurnian

Untuk menaikkan konsentrasi aluminium sulfat dari settling tank kemudian di pompa menuju spray dryer untuk proses pengeringan dan membentuk produk berupa serbuk atau granular, prinsip kerjanya yaitu spray dryer menyembrotkan cairan melalui atomizer yang mana cairan tersebut akan dilewatkan ke dalam aliran gas panas dalam sebuah tabung sehingga air dalam tetesan bisa menguap dengan cepat dan yang tertinggal hanyalah serbuk yang kering, selanjutnya keluaran dari spray dryer kemudian dimasukkan kedalam cyclone. Karena cyclone bekerja secara centrifugal maka padatan terlempar ke dinding cyclone kemudian dibawa oleh cooling conveyor supaya memasuki proses pendinginan sampai 30°C. Setelah dingin produk dimasukkan ke dalam ball mill untuk menghaluskan ukuran produk, kemudian memasukkan ke dalam screen menyeragamkan ukuran produk menjadi 100 mesh.

### 2.2.4 Tahap Penanganan Produk

Produk yang keluar dari screen terdapat dua bagian yaitu, produk yang lolos dibawa menggunakan bucket elevator dan di tampung didalam bin aluminium sulfat kemudian dilakukan pengepakan lalu disimpan didalam gudang, sedangkan produk yang tidak lolos dikembalikan lagi menjadi umpan ball mill untuk dihaluskan kembali.

## 3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik aluminium sulfat diperoleh dari sungai kawasan Mempawah, Siantan Hilir, Pontianak, Kalimantan Barat. Air yang digunakan adalah sebesar 770.741,435 kg/jam. Kebutuhan Listrik pabrik disuplai oleh pembangkit listrik tenaga turbin uap dengan generator sebagai cadangan energi. Keperluan keseluruhan utilitas yang diperlukan untuk beroperasinya pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut.

**Tabel 4.** Kebutuhan Utilitas Pabrik Aluminium Sulfat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	53.027,025 kg/jam
Air Pendingin	596.056,687 kg/jam
Listrik	1.943,242 kW
Bahan Bakar	191,227 L/jam

## 4. Analisa Ekonomi

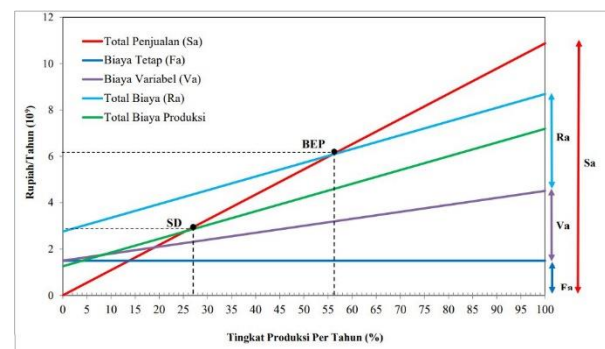
Analisa ekonomi perlu dilakukan agar mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh pabrik ini sehingga bisa dikategorikan layak atau tidak layak untuk didirikan. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada **Tabel 5.** sebagai berikut:

**Tabel 5.** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	25%	Min. 11%	Layak
POT	3 tahun	Max. 5 tahun	Layak
BEP	56%	40-60%	Layak
SDP	28%	20-40%	Layak

(Aries dan Newton, 1955)

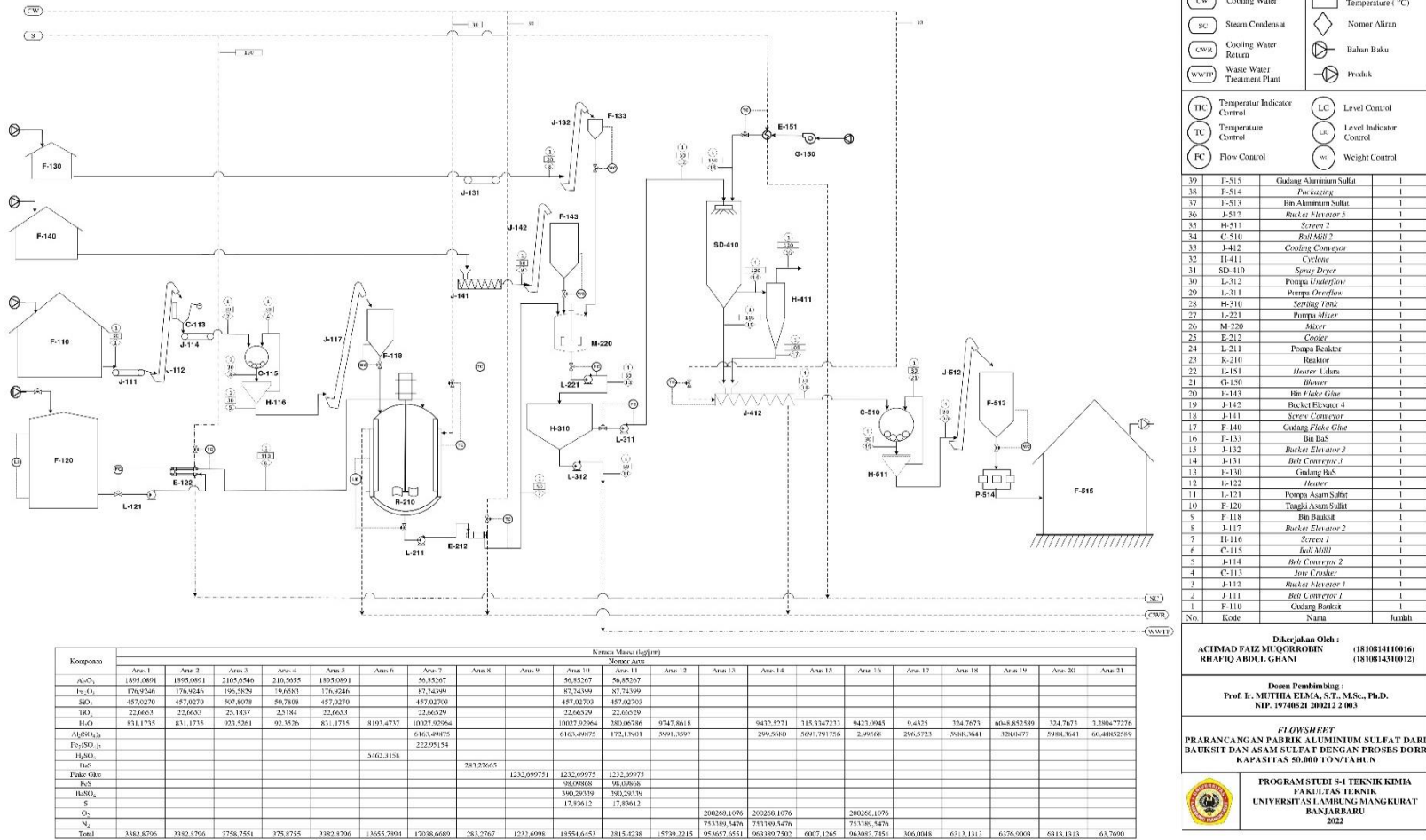
*Return on Investment* (ROI) merupakan tingkat laba yang diperoleh dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan. *Pay Out Time* (POT) yaitu *payback periode* atau waktu pengembalian modal (uang investasi) yang dihasilkan berdasarkan profit yang dicapai. Sedangkan *Break Even Point* (BEP) merupakan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama. Titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut *Shut Down Point* (SDP). Penyebab terjadinya SDP umumnya *variable cost* yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen akibat tidak ekonomis suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan laba). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik biodiesel dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.** Grafik BEP dan SDP



## PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES DORR KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



Gambar 1 Diagram Alir Proses Perancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan Proses Dorr Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomis pada Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses Dorr Kapasitas 50.000 Ton/Tahun, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di Mempawah, Siantan hilir, Pontianak, Kalimantan Barat pada tahun 2027 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang berbentuk PT atau Perseroan Terbatas sedangkan bentuk organisasi berupa garis (*lines*) dan *staff*. Adapun total tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 151 orang. Dari evaluasi ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 25% dan POT sebesar 3 tahun. Kemudian diperoleh BEP sebesar 56% dan SDP sebesar 28% sehingga berdasarkan hasil analisa yang didapat bahwa pabrik aluminium sulfat ini layak untuk didirikan di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- Anneken, David J., et. al. 2006. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Fatty Acid*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- CAMEO Chemicals. 2016. Sulfuric Acid. <https://cameochemicals.noaa.gov/> Certified Lye. 2013. Material Data Sheet Sodium Hydroxide, Solid. <http://www.certified-lye.com/> Diakses pada tanggal 15 Maret 2022.
- Goto, S., Tagawa, T., & Yusoff, A. (1991). Kinetics of the Esterification of Palmitic Acid with Isobutyl Alcohol, 23(4), 17–26.
- Goto, S., Takeuchi, M., & Matouq, M. H. (1992). Kinetics of Esterification of Palmitic Acid with Isobutyl Alcohol on Ion-Exchange Resin Pellets, 24, 587–592.
- Hahn, Heinz Dieter, Georg Dambkes and Norbert Rupprich. 2005. Butanols. Federal Republic of Germany (Chaps 1-9). International Programme on Chemical Safety. 2005. Isobutyl Alcohol. <http://www.inchem.org/>
- Kirk, K. E. and Othmer, D. F. 1981. *Encyclopedia of Chemical Technology* 3 edition, Volume 9. The Interscience Encyclopedia, John Willey and Sons, Inc. New York.
- Kurt, Cetin and Jurgen Bittner. 2006. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Sodium Hydroxide*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Loury, M and Mellier, M.T. 1947. Isobutyl Palmitate. *Bull. Soc. Chem.Fr.*, 349
- National Center for Biotechnology Information. 2018. Palmitic Acid. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- P. R. Siemens, William F. Giauque (1969). Entropies of the hydrates of sodium hydroxide. II. Low-temperature heat capacities and heats of fusion of NaOH·2H<sub>2</sub>O and NaOH·3.5H<sub>2</sub>O. *Journal of Physical Chemistry*, volume 73, issue 1, 149–157.
- Sreeramulu, Vannala and Paluri Bhimeswara Rao. 1973. Kinetics of Esterification of Isobutyl Alcohol with Palmitic Acid Using Sulfuric Acid Catalyst. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*, 12 (4), 483–485
- The Good Scents Company. 2017. Isobutyl Palmitate. <http://www.thegoodscentscompany.com/>
- Timmerhaus, Klaus D. and Max S. Peters. 1991. *Plant Design and Economics for Chemicals Engineers*. New York : McGraw Hill.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons, Inc.: New York. United Nations Statistics Division. 2022. UN comtrade. New York :
- United Nations. <https://comtrade.un.org/data/>
- Yaakob, A. Q and S Bhatia. 2004. Esterification of Palmitic Acid with Methanol in The Presence of Macroporous Ion Exchange Resin as Catalyst. Volume 5. *IJUM Engineering Journal*, No. 2. Malaysia.
- Yaws, Carl L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. New York : McGraw-Hill

