

# PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES DORR KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN

Aptar Eka Lestari<sup>1\*</sup>, Sadidan Rabiah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: [aptarlestari97@gmail.com](mailto:aptarlestari97@gmail.com)

## Abstrak

Aluminium sulfat berasal kata alum atau dalam bahasa latin disebut alumen. Aluminium sulfat atau senyawa yang memiliki rumus molekul  $Al_2(SO_4)_3$ . Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk aluminium sulfat sebesar 17.000 ton/tahun. Bahan baku utama yang diperlukan adalah bauksit yang dibeli dari hasil tambang bauksit di Kalimantan Barat. Pabrik akan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur.

Proses yang digunakan untuk pembuatan aluminium sulfat adalah aluminium sulfat dari bauksit dan asam sulfat. Adapun reaktor yang pakai adalah CSTR dan reaksi bersifat eksotermis. Produk yang keluar reaktor selanjutnya didinginkan di *cooler* lalu di masukkan ke *mixer*, dengan penambahan BaS berfungsi untuk mereduksi  $Fe_2(SO_4)_3$  dan penambahan *flake glue* untuk membentuk flok-flok agar mudah mengendap. Kemudian dari *mixer* dimasukkan ke *settling tank* untuk memisahkan endapan dan cairan, lalu keluaran *overflow* di pompa menuju evaporator untuk memekatkan aluminium sulfat, lalu 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.

Berdasarkan hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) adalah Rp 218.306.930.340,200 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 326.043.689.971,791. Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 43% dan *Return of Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 28%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2 tahun dan *Pay Out Time* setelah pajak yaitu 2,8 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 47% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22%. Berdasarkan pertimbangan, maka pabrik aluminium sulfat dengan kapasitas 17.000 ton/tahun ini layak dikaji lebih lanjut.

**Kata kunci :** 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 (Hakim, 2018).

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  $Al_2(SO_4)_3.nH_2O$ . Aluminium sulfat dapat digunakan dalam pembuatan kertas untuk mengentalkan bubur kayu dalam proses pembuatan kertas, industri kulit, industri batik, industri tekstil, industri kosmetik, industri bahan pemadam api (Ismayanda, 2011).

Dengan mempertimbangkan hal tersebut di atas maka pendirian pabrik dengan menggunakan bauksit



sangat diperlukan. Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan nilai impor dari tahun 2012-2017, untuk aluminium sulfat di Indonesia. Data impor aluminium sulfat di Indonesia tahun 2012-2017 dapat dilihat pada **Tabel 1** (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018).

**Table 1** Data Kebutuhan Aluminium Sulfat di Indonesia Tahun 2012-2017

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2012	80,437	0
2	2013	80,004	-0,005
3	2014	80,014	0,001
4	2015	60,000	-0,250
5	2016	80,020	0,334
6	2017	82,267	0,028
Pertumbuhan Rata-rata			0,021

Dengan pertimbangan kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Indonesia. Adapun data pabrik aluminium sulfat yang telah beroperasi di Indonesia dan di Dunia dapat dilihat pada **Tabel 2**

**Tabel 2** Data Pabrik Aluminium Sulfat di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT. Indonesia Acid Industri	50.000
2	PT. Dunia Kimia	10.000
3	PT. Utama Inti Hasil Kimia	3.000
4	PT. Nebraska Utama	5.400
5	PT. Indah Kiat Pulp	4.900
6	PT. Madu Lingga	6.000

**Tabel 3.** Parameter Pembuatan Aluminium Sulfat

No	Parameter	Proses Gulini (Aluminium Hidroksida)	Proses Dorr (Bauksit)
1.	Teknis		
a.	Kondisi proses	78 %	92 %
	Konversi		
	Biaya operasional	Mahal (alat lebih banyak)	Murah (alat lebih sedikit)
b.	Kondisi Operasi		
	Suhu	170°C	105-110°C
	Tekanan	5-6 atm	1 atm
	Yield	17-18 %	90-95 %
	Energi	$\Delta G = -358,5$ kkal/mol	$\Delta G = -254,52$ kkal/mol

Dari data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan aluminium sulfat pada tahun 2024 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data aluminium sulfat pada tahun 2012 sampai 2017 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik aluminium sulfat yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 17.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor. Sebagai pertimbangan kapasitas pabrik, dilihat juga kapasitas produksi pabrik aluminium sulfat di Indonesia. Dengan pertimbangan ini kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Indonesia.

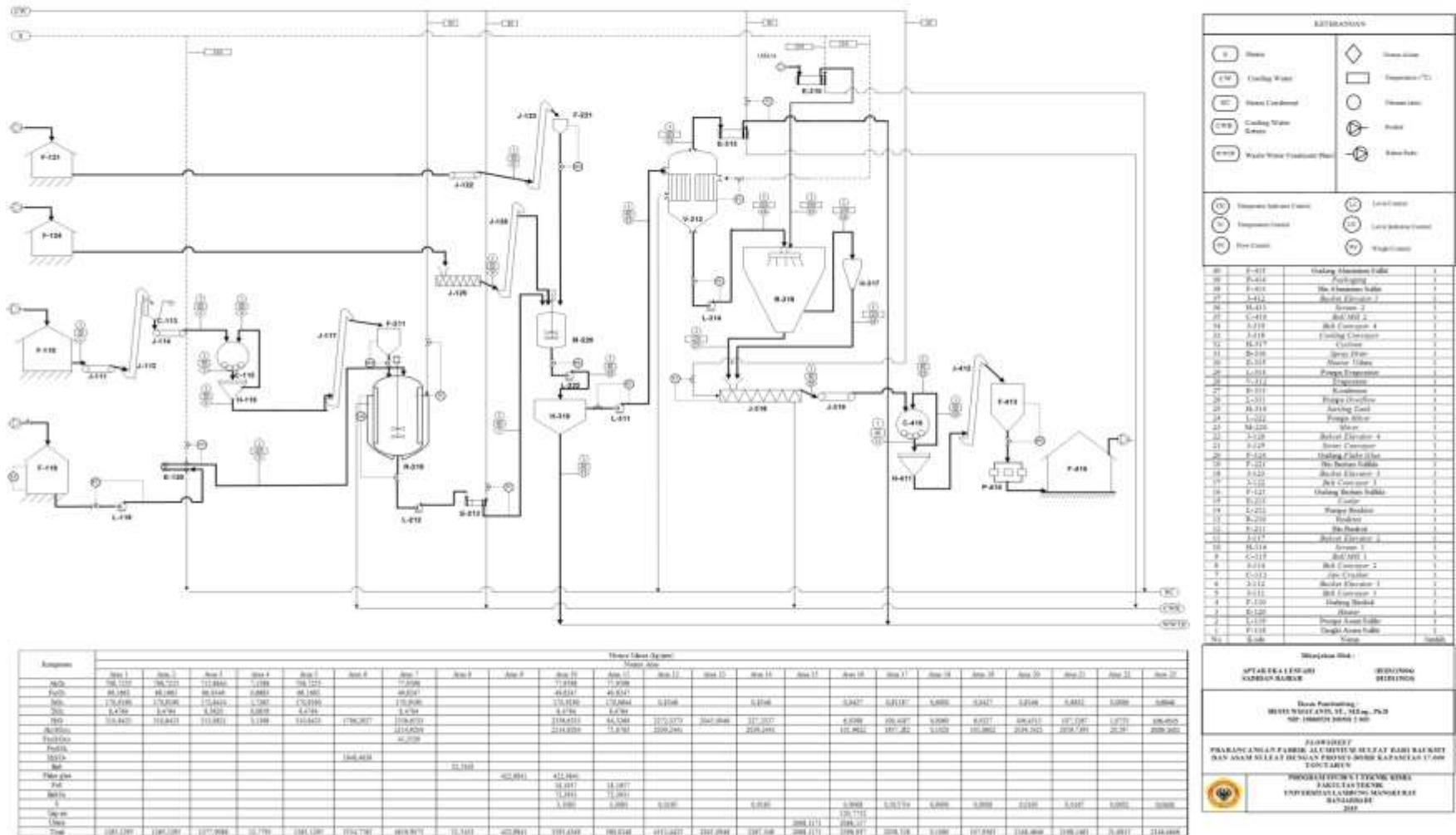
## 2. Deskripsi Proses

Pada perancangan pabrik aluminium sulfat ini, dipilih suatu proses dari beberapa macam proses yang ada. Proses pembuatan aluminium sulfat dalam skala industri dibedakan berdasarkan bahan baku yang digunakan, yaitu aluminium sulfat dari bauksit dan aluminium sulfat dari aluminium hidroksida.

Berikut adalah perbandingan proses pembuatan Aluminium Sulfat:



## PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES DORR KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN



Gambar 1. Diagram Alir Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses Dorr Kapasitas 17.000 Ton/Tahun

Proses pembuatan aluminium sulfat ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama aluminium sulfat yakni bauksit terdiri dari  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  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.

b. Tahap Reaksi

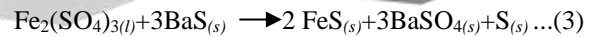
Pada prarancangan ini pabrik aluminium sulfat didasarkan pada reaksi netralisasi yaitu reaksi antara senyawa basa dengan senyawa asam membentuk senyawa garam dan air. Semua atom H dari asam diganti dengan atom logan, jadi ion  $\text{H}^+$  dari  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diganti ion  $\text{Al}^{3+}$  sehingga membentuk senyawa  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Di dalam reaktor bauksit dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  48% direaksikan dengan aluminium hidroksida untuk menghasilkan aluminium sulfat. Bauksit dalam bentuk bubuk dan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dimasukkan kedalam reaktor dengan kondisi operasi 105 °C dan tekanan 1 atm selama 1 jam. Adapun jenis reaktor yang digunakan yaitu reaktor alir tangki berpengaduk berjumlah 1 buah. 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  $\text{FeSO}_4$  sebesar 65%.



Produk yang keluar dari reaktor kemudian di pompa menuju *cooler* untuk didinginkan sampai suhu 30°C. Lalu diumpankan ke *mixer* untuk mereaksikan ferro sulfat dengan barium sulfida dari bin yang berfungsi untuk mereduksi  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  adapun reaksinya sebagai berikut:



Dan penambahan *flake glue* dari bin untuk membentuk flok-flok agar mudah mengendap. Selanjutnya dimasukkan ke *settling tank* untuk memisahkan endapan dan cairan. *Over flow* dari *settling tank* di pompa menuju evaporator. Sedangkan *under flow* selanjutnya tampung.

c. Tahap Pemurnian

Untuk menaikkan konsentrasi aluminium sulfat dari *settling tank* kemudian di alirkan kedalam evaporator hingga mencapai konsentrasi 90%. Selanjutnya larutan di pompa menuju *spray dryer* untuk proses pengeringan dan membentuk produk berupa serbuk atau granular, prinsip kerjanya yaitu *spray dryer* menyemprotkan cairan melalui atomizer, selanjutnya keluaran dari *spray dryer* kemudian dimasukkan kedalam *cyclone*. Karena *cyclone* bekerja secara *centrifugal* maka padatan terlempar ke dinding *cyclone* yang kemudian turun kebawah menuju ke *cooling conveyor* untuk 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.

d. 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.

Reaksi pembentukan Aluminium Sulfat merupakan reaksi orde 1 dengan nilai k sebesar 0.0061  $\text{menit}^{-1}$  dengan konversi sebesar 89% (Uzun, 2007). Adapun persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat pada **Tabel 4**



**Tabel 4.** Neraca Massa Reaktor (R-210)

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (Kg/jam)
	5	6	7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	708,725	-	77,959
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	66,1663	-	49,624
SiO <sub>2</sub>	170,910	-	170,919
TiO <sub>2</sub>	8,4746	-	8,474
H <sub>2</sub> O	310,842	1706,293	2356,653
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	1848,484	-
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	-	-	2114,920
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	-	-	41,353
Total	1265,12	3554,778	4819,907
<b>Setimbang</b>	<b>4819,907</b>		<b>4819,907</b>

### 3. Utilitas

Untuk memenuhi kebutuhan air pabrik, direncanakan menggunakan air kawasan dari sungai Brantas. Pembangkit listrik utama pada pabrik ini menggunakan generator dengan bahan bakar *diesel oil* dan sebagian kebutuhan listrik dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 5.** Kebutuhan Utilitas Pabrik Aluminium Sulfat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	838,803 kg/jam
Air Pendingin	54.365,7714 kg/jam
Listrik	860,7848 kW
Bahan Bakar	2780,2835 liter/hari

### 4. Analisis Ekonomi

Berikut adalah daftar harga bahan baku dan produk pada prarancangan pabrik Aluminium Sulfat

**Tabel 6.** Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Bauksit	667
Asam Sulfat	2.963
Barium Sulfida	2.370
Flake glue	2.667

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 7.** Total Biaya Pabrik Aluminium Sulfat

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	153.822.313.877,9
WC	51.108.763.081,6
TCI	218.306.930.340,2
TPC	244.032.191.135,94

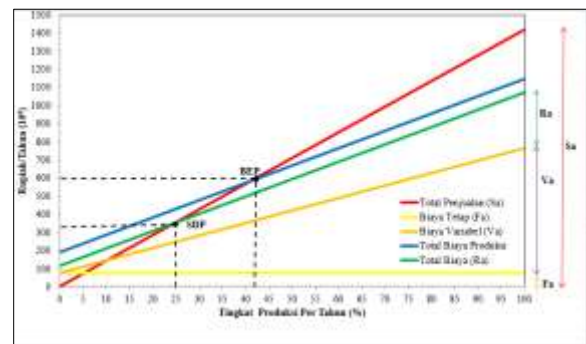
Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk

didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit On Sales* (POS), *Percent Return On Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Net Present Value* (NPV), *Interest Rate of Return* (IRR), *Break Even Point* (BEP), dan *Shut Down Point* (SDP). Hasil analisa ekonomi pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 8.** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	27%	Min. 11%	Layak
POT	2,8 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	47%	40-60%	Layak
SDP	22%	20-40%	Layak

*Return On Investment* (ROI) adalah tingkat keuntungan dihasilkan dari jumlah investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) yaitu waktu pemulihan modal yang dihasilkan dari keuntungan yang didapat. Perhitungan ini diperlukan untuk melihat kapan dilakukan pengembalian modal. *Break Even Point* (BEP) yaitu titik seimbang dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) yaitu titik dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus diberhentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* (Fa) daripada harus beroperasi. Penyebabnya antara lain variable yang terlampaui dan dikarenakan tidak ekonomisnya suatu produksi atau tidak memberikan keuntungan (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik BEP dan SDP Pabrik Aluminium Sulfat Kapasitas 17.000 Ton/Tahun





## 5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses Dorr Kapasitas 17.000 ton/tahun akan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur pada tahun 2024. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu *line* dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 159 orang. Kelayakan suatu pabrik ditinjau dari analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 27%, POT sebesar 2,8 tahun, BEP sebesar 47% dan SDP sebesar 22%. Dengan demikian pabrik aluminium sulfat ini dapat ditinjau kembali dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

## Daftar Pustaka

- Brownel E. Loyd "*Process Equipment Design*", John Willey and Sons Inc, New Delhi India, 1959.
- Geankplis, Christie , "*Transport Process dan Unit Operation*", 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997.
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., "*Process Equipment Design*", D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
- Kernn D.Q, "*Process Heat Transfer*", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Keyees,"*Industrial Chemicals*" 4<sup>nd</sup> ed, John Willey and Son inc, New York, 1975.
- Kusnarjo, "*Ekonomi Teknik*", Surabaya, 2010.
- Kusnajo, "*Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2013.
- Material Safety Data Sheet. 2019. Science Lab.com
- Othemer, D.F., Kirk, R.E. 1974, Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 5, John Willey and Sons Inc, New York.
- Pery, Robert H, "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", 8<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 2009.
- Petter S. and Timmerhause, "*Plant Design and Economic to Chemical Engineering*", 4<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill, Singapore, 1995.



