

PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT MENGGUNAKAN PROSES GIULINI KAPASITAS 20.500 TON PER TAHUN

Sumarni¹, Muhammad Adil Makmur², Ruslan Kalla³, Andi Artiningsih⁴
Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar
E-mail: * sumarni14022001@gmail.com¹

ABSTRAK

Proses produksi Aluminium Sulfat menggunakan metode Giulini memanfaatkan Aluminium Hidroksida dan Asam Sulfat sebagai bahan baku utamanya. Reaksi berlangsung di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk pada suhu 170°C dan tekanan 5 atm. Kapasitas produksi Aluminium Sulfat direncanakan sebesar 20.500 ton per tahun, dengan kebutuhan bahan baku Aluminium Hidroksida sekitar 1.180 kg per jam dan Asam Sulfat sebanyak 2.270,51 kg per jam. Utilitas yang diperlukan meliputi listrik sebesar 506 kW per jam dan bahan bakar solar sebanyak 44 liter per jam. Prarancangan pabrik Aluminium Sulfat ini direncanakan berlokasi di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Bentuk badan usaha yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf, serta memerlukan tenaga kerja sebanyak 124 orang. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi, pendirian pabrik Aluminium Sulfat ini membutuhkan modal tetap sekitar Rp 67 miliar dan modal kerja sebesar Rp 29 miliar, dengan biaya produksi (manufacturing cost) mencapai Rp 391 miliar. Harga jual produk diperkirakan sebesar Rp 490 miliar, menghasilkan laba sebelum pajak Rp 30 miliar dan laba setelah pajak Rp 19 miliar. Tingkat profitabilitas mencakup Rate of Investment (ROI) sebelum dan sesudah pajak masing-masing sebesar 45,00% dan 28,77%, sedangkan Pay Out Time (POT) sebelum dan sesudah pajak tercatat 1,82 tahun dan 2,58 tahun. Nilai Break Even Point (BEP) berada pada angka 43,16%, sementara Shut Down Point (SDP) sebesar 30,09%. Berdasarkan tinjauan teknis dan hasil analisis ekonomi tersebut, proyek Aluminium Sulfat berkapasitas 20.500 ton per tahun dinilai layak untuk direalisasikan.

Kata kunci

Aluminium Hidroksida, Aluminium Sulfat, Asam Sulfat, Giulini.

ABSTRACT

The production of Aluminum Sulfate uses the Giulini process with raw materials in the form of Aluminum Hydroxide and Sulfuric Acid. The reactor used is a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR), in which the reaction takes place at a temperature of 170°C and a pressure of 5 atm. The designed production capacity of Aluminum Sulfate is 20,500 tons/year, requiring raw materials of Aluminum Hydroxide at 1,180 kg/hour and Sulfuric Acid at 2,270.51 kg/hour. Utilities include electricity at 506 kW/hour and fuel in the form of diesel at 44 liters/hour. This preliminary design of the Aluminum Sulfate plant is planned to be established in Gresik Regency, West Java Province, Indonesia. The business entity will be a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational system, requiring 124 employees. Based on economic evaluation calculations, the establishment of the Aluminum Sulfate plant will require fixed capital of IDR 67 billion, working capital of IDR 29 billion, and manufacturing costs of IDR 391 billion. The product selling price is projected at IDR 490 billion, with a pre-tax and post-tax profit of IDR 30 billion and IDR 19 billion, respectively. Profitability includes a Rate of Investment (ROI) before and after tax of 45.00% and 28.77%, respectively. The Pay Out Time (POT) before and after tax is 1.82 years and 2.58 years, respectively. The Break Even Point (BEP) is 43.16%, and the Shut Down Point (SDP) is 30.09%. Based on technical considerations and the results of the economic analysis, the Aluminum Sulfate plant with a capacity of 20,500 tons/year is feasible to proceed to the next stage.

Keywords

Aluminum Hydroxide, Aluminum Sulfate, Sulfuric Acid, Giulini.

1. PENDAHULUAN

Industri kimia memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi suatu negara. Keberadaan sektor ini membuka peluang bagi generasi muda Indonesia untuk turut berkontribusi dalam pembangunan nasional, sekaligus meningkatkan taraf hidup masyarakat melalui penyediaan lapangan kerja di bidang ini. Selain itu, pengembangan industri kimia juga berperan dalam menekan ketergantungan pada impor bahan kimia untuk kebutuhan manufaktur domestik, yang setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Indonesia sendiri dikenal memiliki cadangan mineral yang melimpah, dan saat ini pemerintah sedang gencar mendorong industri pengolahan mineral melalui program hilirisasi. Pelaksanaan program hilirisasi tersebut akan berdampak pada meningkatnya kebutuhan air industri serta volume air limbah yang dihasilkan, sehingga pengolahan air limbah menjadi suatu keharusan sebelum dibuang ke lingkungan.

Salah satu bahan kimia yang kebutuhannya meningkat setiap tahunnya adalah aluminium sulfat, yang digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air baku dan pengolahan limbah industri. Kebutuhan aluminium sulfat setiap tahunnya mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah pabrik pengolahan mineral di wilayah Indonesia bagian tengah hingga ke timur. Selain kebutuhan dalam negeri, Indonesia juga dikenal sebagai pengekspor aluminium sulfat. Namun dari data terakhir terjadi penurunan ekspor pada tahun 2023 akibat tingginya kebutuhan di dalam negeri (Badan Pusat Statistik, 2024).

Aluminium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] merupakan senyawa kimia yang berfungsi sebagai agen penggumpal untuk mengendapkan kotoran (impurities) dalam proses pemurnian air. Beberapa sektor industri yang sangat bergantung pada penggunaan alum antara lain industri kertas, pengolahan air bersih, serta industri pengalengan buah. Dalam industri kertas, alum digunakan di setiap tahapan proses produksi, dan hingga saat ini belum ditemukan bahan lain yang mampu menggantikan fungsinya (Nurchayo, 2014).

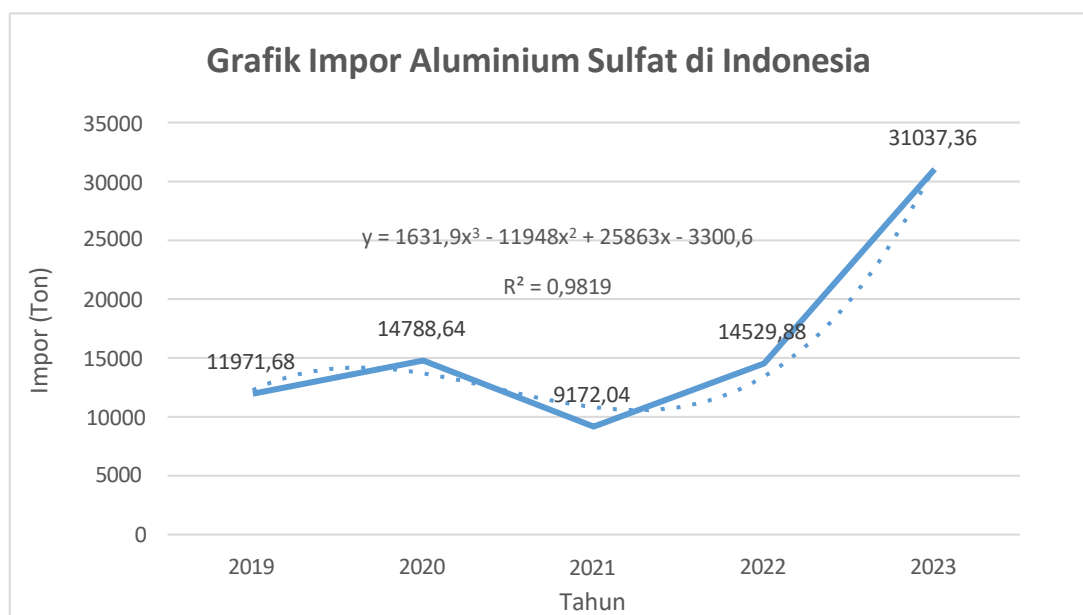
Bahan baku utama dalam proses produksi aluminium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] adalah asam sulfat (H_2SO_4) dan aluminium hidroksida [$\text{Al}(\text{OH})_3$]. Aluminium hidroksida sendiri diproduksi di dalam negeri oleh PT Indonesia Chemical Alumina dengan kapasitas produksi 166.000 ton/tahun. Selain itu, ada PT Bisindo Kencana yang menyediakan aluminium hidroksida ini dengan kapasitas hingga 110.000 ton/tahun (Kemenperin, 2024).

Badan Pusat Statistik (2024) menyatakan bahwa ekspor aluminium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] mengalami penurunan dari 38.370 ton per tahun di 2022 menjadi 27.568 ton per tahun di 2023. Sedangkan impor aluminium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] justru mengalami peningkatan dari 14.529 ton per tahun di 2022 menjadi 31.037 ton per tahun di 2023. Dari data tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa terjadi peningkatan konsumsi aluminium sulfat di dalam negeri. Dengan demikian, pembangunan pabrik ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan aluminium sulfat di Indonesia, mengurangi impor dan juga membuka lapangan kerja sehingga dapat mengurangi angka pengangguran di dalam negeri. Berikut data impor Aluminium sulfat menurut badan pusat statistik pada tahun 2019-2023 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data impor Aluminium Sulfat di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2019	11.971,68
2020	14.788,64
2021	9.172,04
2022	14.529,88
2023	31.037,36

Berdasarkan data di atas, grafik dapat dibuat untuk menunjukkan tren aktivitas impor aluminium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] di Indonesia pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Grafik Impor Aluminium Sulfat di Indonesia

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, dapat diketahui perubahan signifikan mengenai kapasitas impor aluminium sulfat selama 2019 hingga 2023 sehingga diperoleh regresi dengan persamaan:

$$y = 1631,9x^3 - 11948x^2 + 25863x - 3300,6$$

y = jumlah perkiraan kapasitas aluminium sulfat

x = selisih tahun

Sehingga:

$$y = 1631,9(5)^3 - 11948(5)^2 + 25863(5) - 3300,6$$

$$y = 203.987,5 - 298.700 + 129.315 - 3300,6$$

$$y = 31.301,9 \text{ ton} \times 65\%$$

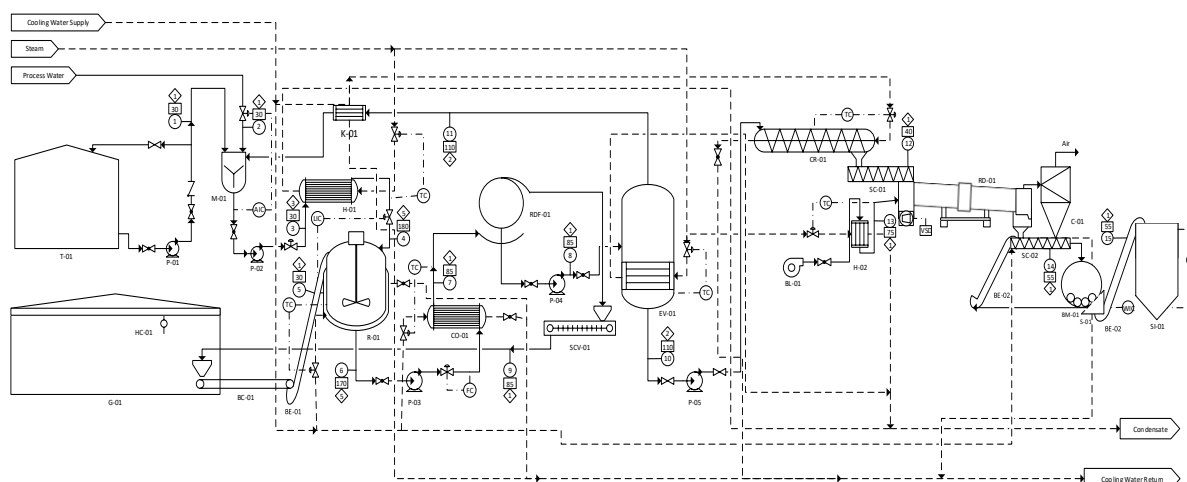
$$y = 20.346 \text{ ton} \approx 20.500 \text{ ton}$$

Berdasarkan data yang telah diperoleh sebelumnya, diketahui bahwa sudah ada pabrik serupa yang memproduksi aluminium sulfat di dalam negeri, sehingga digunakan 65% dari peluang kapasitas pabrik terkait kebutuhan aluminium sulfat pada tahun 2028. Berdasarkan persamaan regresi linear di atas, kapasitas pabrik aluminium sulfat yang direncanakan akan dibangun pada tahun 2028 diproyeksikan mencapai 20.500 ton per

tahun. Diharapkan kapasitas ini mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri sekaligus menekan angka impor aluminium sulfat.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam prarancangan pabrik Aluminium Sulfat ini adalah metode studi literatur dan perhitungan teknik dan ekonomi, yang bersifat deskriptif dan kuantitatif. Penelitian ini tidak dilakukan secara eksperimen laboratorium, melainkan melalui analisis data sekunder dari berbagai sumber terpercaya seperti jurnal ilmiah, buku teknik kimia, literatur proses industri kimia, dan data pasar yang relevan. Berikut ini merupakan process engineering flow diagram prarancangan pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat menggunakan proses giulini kapasitas 20.500 ton/tahun.



Gambar 1. Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat Dari Aluminium Hidroksida Dan Asam Sulfat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jenis Proses

Terdapat 2 jenis proses dalam pembuatan aluminium sulfat di industri, yaitu proses Dorr (produksi aluminium sulfat dari bauxite dan H_2SO_4) dan proses Giulini (produksi aluminium sulfat dari $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan H_2SO_4). Berikut adalah perbedaan antara proses Dorr dan proses Giulini yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Proses Dorr dan Proses Giulini

Parameter	Proses Dorr	Proses Giulini
Tekanan Operasi	1 atm	5 atm
Reaktor	Reaktor digester berjumlah 3	Reaktor bertekanan 5-6 atm berjumlah 1
Waktu reaksi pada reaktor	4 jam	17 menit – 2 jam
Suhu Operasi pada reaktor	105-110 °C	150-170 °C
Bahan baku	Bauksit	$\text{Al}(\text{OH})_3$

	H ₂ SO ₄ (Kadar SiO ₂ , TiO ₂ , masih tinggi)	H ₂ SO ₄ (Kadar Al ₂ O ₃ tinggi sedangkan SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O rendah)
Bahan tambahan	Barium sulfide, Flake glue (lem serpih)	Seed aluminium sulfat powder
Produk	Aluminium Sulfat dengan kadar Al ₂ O ₃ 17%	Aluminium Sulfat dengan kadar Al ₂ O ₃ 17-18%
Produk samping	Fe ₂ (SO ₄) ₃ BaSO ₄ FeS	-
Konversi Reaksi	92%	92%
Literatur	Aptar Eka Lestari, Sadidan Rabiah (2020)	US Patent (1965)

Berdasarkan perbandingan kedua proses dari Tabel 2 di atas, proses Giulini cenderung lebih efisien. Dengan nilai konversi yang sama, proses Giulini dinilai lebih sederhana, mulai dari persiapan bahan baku, kompleksitas proses dan banyaknya equipment. Proses Giulini menggunakan bahan baku aluminium hidroksida yang sudah siap digunakan, sedangkan proses dorr dengan bahan baku bauksit memerlukan preparasi bahan baku menggunakan equipment tambahan seperti crusher, ball mill, dan sistem pengangkutannya seperti bucket elevator ataupun conveyor. Dari sisi ekonomi, equipment tambahan tersebut memerlukan luas lahan yang lebih besar karena dimensi dari alat-alat tersebut umumnya cukup besar, hal ini berdampak pada biaya tanah yang harus disiapkan di awal. Selain itu dengan adanya equipment ini membuat kebutuhan energi listrik bertambah untuk menggerakkan mesin-mesin tersebut. Selain equipment, adanya tambahan bahan pembantu seperti barium sulfida akan menambah beban produksi dan proses penambahan barium sulfida ini juga akan menghasilkan produk samping maupun limbah yang selanjutnya juga perlu diperhatikan terkait isu lingkungan.

Dibandingkan dengan proses Dorr, proses Giulini dapat dikatakan lebih efisien meskipun membutuhkan tambahan equipment utilitas seperti boiler sebagai penghasil uap untuk memanaskan bahan baku sampai temperatur yang diinginkan di sekitar 180°C. Tetapi penggunaan boiler ini jika dibandingkan equipment-equipment preparasi berdimensi besar, masih dapat diperdebatkan untuk total penggunaan energi yang diperlukan karena equipment mekanis membutuhkan daya listrik yang cukup besar jika dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar pemanasan boiler ini. Dan juga proses giulini menggunakan reaktor bertekanan namun hanya butuh satu reaktor sedangkan proses dorr membutuhkan 3 reaktor digester.

3.2 Uraian Proses Terpilih

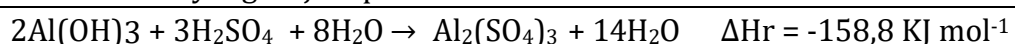
a. Tahap persiapan bahan baku

Tahap persiapan bahan baku adalah proses mempersiapkan bahan baku sebelum bahan baku tersebut direaksikan didalam reaktor. Bahan baku untuk memproduksi aluminium sulfat menggunakan proses giulini adalah aluminium hidroksida Al(OH)₃ dan asam sulfat (H₂SO₄). Bahan baku aluminium hidroksida disimpan di dalam *warehouse* (G-01) pada temperatur ruang, sedangkan asam sulfat 98% yang tersimpan didalam tangki

penyimpanan (T-01). Asam sulfat diencerkan dengan air proses menjadi 66% di dalam tangki pengenceran (TP-01). Sebelum masuk reaktor, asam sulfat 66% dinaikkan suhunya menjadi 180°C menggunakan heater (H-01) kemudian menuju reaktor (R-01) ditransfer menggunakan pompa (P-02). Bahan baku $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam *warehouse* juga diangkut menuju reaktor (R-01) menggunakan Belt Conveyor (BC-01) dan Bucket Elevator (BE-01).

b. Tahap reaksi

Tahap reaksi adalah proses dimana $\text{Al}(\text{OH})_3$ direaksikan dengan larutan H_2SO_4 66% dalam reaktor (R-01) dengan tekanan 5 atm sehingga suhu akibat reaksi menjadi 170°C. Aluminium sulfat cair selanjutnya ditransfer menggunakan pompa (P-03) menuju cooler (CO-01). Persamaan reaksi yang terjadi pada reaktor adalah:



c. Tahap pengeringan

Setelah terbentuk aluminium sulfat cair, selanjutnya akan dialirkan melalui pompa (P-03) menuju cooler (CO-01) hingga temperature turun menjadi 85°C, kemudian menuju Rotary drum filter (RF-01) untuk dipisahkan aluminium sulfat cair dari padatnya dan selanjutnya dialirkan menuju evaporator (EV-01). Pada tahap ini, sebelum proses kristalisasi, dilakukan evaporasi untuk memekatkan aluminium sulfat dengan cara menguapkan air pada suhu 110°C. Larutan yang telah pekat kemudian dialirkan melalui pipa menuju unit *Crystallizer* (CR-01).

Tahap kristalisasi merupakan proses pembentukan kristal aluminium sulfat yang dilakukan di dalam unit *crystallizer* (CR-01) pada suhu 40°C. Kristalisasi berlangsung dengan cara menjaga suhu tetap di bawah titik didih, namun berada dalam rentang suhu solidifikasi aluminium sulfat. Di dalam unit *crystallizer* (CR-01), kristal yang terbentuk selanjutnya diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-01) menuju *Rotary Dryer* (RD-01).

Kristal aluminium sulfat dipindahkan ke *Rotary Dryer* (RD-01) untuk melalui proses pengeringan dengan aliran udara panas yang dihembuskan secara langsung oleh *Blower* (BL-01) pada suhu 75°C. Udara panas yang keluar dari *Rotary Dryer* (RD-01) dialirkan ke *Cyclone* (C-01) untuk menangkap kembali partikel kristal aluminium sulfat yang terbawa bersama aliran udara.

d. Tahap perlakuan produk

Tahap perlakuan produk mencakup proses pengecilan ukuran, pengayakan, dan pengemasan. Aluminium sulfat padat yang telah dikeringkan dari *Rotary Dryer* (RD-01) diteruskan ke tahap reduction size dengan bantuan *Screw Conveyor* (SC-02) menuju *Ball Mill* (BM-01) dan selanjutnya ke unit *Screen* (S-01). *Screen* yang digunakan berukuran 12 mesh. Kristal yang melebihi ukuran tersebut akan dipisahkan dan dikembalikan ke *Ball Mill* (BM-01) untuk proses penghalusan ulang.

Kristal aluminium sulfat yang berhasil lolos dari unit screen dipindahkan dengan *Bucket Elevator* (BE-02) menuju Silo (SI-01) sebagai tempat penyimpanan, atau langsung dialirkan ke unit pengemasan dengan menggunakan karung goni sebagai kemasan. Aluminium sulfat yang dihasilkan memiliki kandungan Al_2O_3 sebesar 17,2%, kandungan Fe_2O_3 kurang dari 0,01%, dan bahan tak larut sebesar 0,03%.

3.3 Utilitas

Utilitas berperan sebagai unit pendukung yang memastikan kelancaran jalannya proses produksi di pabrik, meskipun tidak terlibat langsung dalam reaksi kimia. Utilitas utama yang digunakan di pabrik ini meliputi, utilitas air yang mencakup air sanitasi, air pendingin, dan air proses; utilitas steam yang digunakan pada peralatan proses seperti

evaporator, heater 1, dan heater 2; utilitas listrik yang mendukung unit proses, unit utilitas, dan unit kontrol; serta utilitas bahan bakar berupa solar yang digunakan untuk mengoperasikan generator. Kebutuhan Utilitas utama yang diperlukan untuk pengoperasian pabrik aluminium sulfat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Utama Pabrik Aluminium Sulfat

Kebutuhan	Total	Satuan
Air	690,84	m ³ /jam
Steam	1967,3401	kg/jam
Listrik	404,8666	kW
Bahan Bakar Solar	43,7650	liter/jam

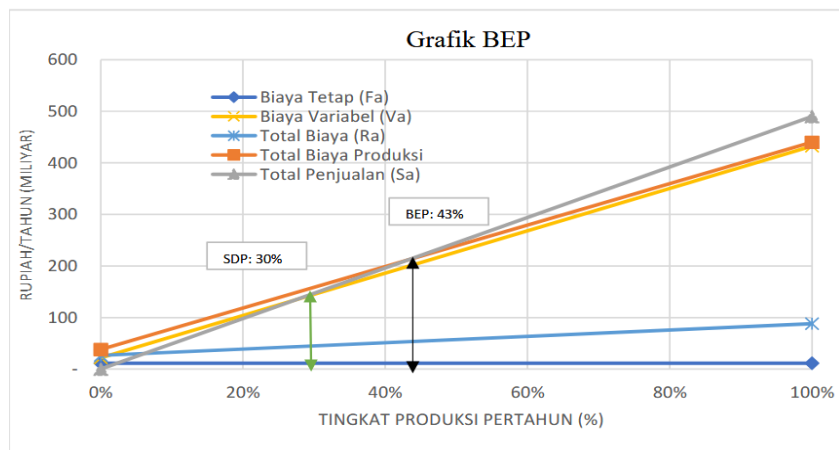
3.4 Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk menilai kelayakan finansial dari pembangunan pabrik aluminium sulfat yang direncanakan. Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai acuan dalam menentukan apakah pabrik layak didirikan dan untuk memperkirakan tingkat pendapatan yang dapat diperoleh secara ekonomi. Rincian analisis ekonomi pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Analisa Ekonomi Pabrik Aluminium Sulfat

Analisa	Nilai	Range	Keterangan
ROI	28,77%	15-45%	Memenuhi
POT	2,58 tahun	2-5 tahun	Memenuhi
IRR	34,79%	>14%	Memenuhi
BEP	43,16%	40-60%	Memenuhi
SDP	30,09%	20-40%	Memenuhi

Internal Rate of Return (IRR) menurut metode *discounted cash flow* adalah tingkat bunga tertentu di mana seluruh penerimaan akan seimbang dengan total pengeluaran modal. *Return on Investment* (ROI) merupakan persentase tingkat pengembalian modal setiap tahun yang diperoleh dari pendapatan bersih. *Pay Out Time* (POT) adalah periode yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal berdasarkan laba yang dihasilkan. *Break Even Point* (BEP) menunjukkan kondisi kapasitas produksi di mana pendapatan penjualan hanya cukup untuk menutupi biaya produksi. Sementara itu, *Shut Down Point* (SDP) merupakan titik di mana kegiatan produksi diputuskan untuk dihentikan. Grafik analisis ekonomi pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Analisa Ekonomi Pabrik Aluminium Sulfat

4. KESIMPULAN

Berdasarkan desain proses dan analisa ekonomi pabrik Aluminium sulfat, ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pabrik dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 20.500 ton per tahun.
- Bentuk hukum perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT).
- Struktur organisasi yang direncanakan menggunakan sistem garis dan staf dengan kebutuhan tenaga kerja sebanyak 124 orang.
- Lokasi pabrik terletak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur.
- Analisa ekonomi diperoleh, *Return of Invesment* 28,77%; *Pay Out Time* 2,58 tahun; *Internal rate of return* 34,79%; *Break Even Point* 43,16%; dan *Shut Down Point* 30,09%.

Berdasarkan desain proses dan analisa ekonomi di atas, dapat dinyatakan bahwa prarancangan pabrik aluminium sulfat ini layak untuk direalisasikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agra, S.W. (1987). *Reaktor Kimia*, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik, 2024, *Buletin Statistik Perdagangan Luar negeri vol II*, BPS, Makassar.
- Brown.G.George. (1956). *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F. (1983). *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Donaldson.L. (1998). *The Manufacture of Aluminium Sulfate*, FERNZ Chemicals NZ Ltd., Auckland.
- Faith.W.L., Keyes.D.B., Clark.R.L.,1950. (1957), *Industrial Chemicals*, John Wiley & Sons, New York.
- Geankoplis.Christie.J. (1993). *Transport Processes and unit Operation 3^{th ed}*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Ghandi.M. (2002) *Chemical Reactor Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York.

- Himmeblau.David.(1996). *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Kern.D.Q., (1950) *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kirk.R.E.and Othmer.D.F., 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology 18^{ed}*, John Wiley&Sons, New York.
- Lestari.A.E., Rabiah.S. (2020). *Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses Dorr Kapasitas 17.000 Ton/Tahun*, Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia, Vol. 3 No. 1, pp. 31–36
- Levenspiel.O. (1972) *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Loba Chemie Pvt. Ltd. (MSDS).(2016). *Aluminium Hydroxide Gel Extra Pure*, MSDS No. 00910, Mumbai, India.
- Matar, S. and Hatch, F.L.(2000) *Chemistry of Petrochemical Processes*, Gulf Publishing Company, Texas
- Mc. Cabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta. Megyesy, E.F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- PT Indonesian Acids Industry. (2024) *Sulfuric Acid*, PT Indonesian Acids Industry, Jakarta.
- PT Indonesian Chemical Alumina. (2024). *Aluminium Hydroxide*, PT Indonesia Chemical Alumina, Jakarta.
- PT Timuraya Tunggal 2024). *Aluminium Sulfate*, PT Timuraya Tunggal, Jakarta.