

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan sektor industri, termasuk industri kimia, sangat penting untuk mengurangi ketergantungan pada impor dan membuka peluang ekspor. Salah satu produk kimia yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah aluminium sulfat. Produksinya tidak hanya vital untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, tetapi juga memberikan peluang untuk bersaing di pasar internasional.

Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) adalah senyawa kimia yang memiliki berbagai aplikasi industri, terutama sebagai flokulan dalam pengolahan air untuk meningkatkan kualitas air bersih. Selain itu, aluminium sulfat banyak digunakan dalam industri kertas, petrokimia, pengolahan limbah, dan pembuatan produk kimia lainnya. Di Indonesia, produksi aluminium sulfat memainkan peran penting dalam mendukung pertumbuhan sektor industri serta berkontribusi pada pencapaian tujuan pembangunan nasional. Penggunaan yang luas menjadikan aluminium sulfat sebagai produk yang sangat penting dalam pengembangan industri di Indonesia.

Proses produksi aluminium sulfat melibatkan reaksi antara bauksit atau aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) dengan asam sulfat (H_2SO_4). Bauksit, yang merupakan sumber utama alumina dan bahan baku untuk menghasilkan aluminium hidroksida, banyak ditemukan di Kalimantan, Sumatra, dan beberapa daerah lainnya, memberikan potensi besar bagi Indonesia untuk mengembangkan industri aluminium sulfat domestik. Sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam, Indonesia memiliki keunggulan dalam bahan baku untuk memproduksi aluminium sulfat, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan domestik dan ekspor.

Berbagai data menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang mampu memproduksi aluminium sulfat dalam jumlah besar. Hal ini menandakan bahwa Indonesia memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan global, khususnya di Asia Tenggara dan negara-negara berkembang lainnya yang membutuhkan produk ini untuk pengolahan air dan industri lainnya.

Produksi aluminium sulfat di Indonesia juga berperan dalam mengurangi ketergantungan pada impor, yang pada gilirannya dapat mengurangi pengeluaran negara untuk produk kimia ini. Dengan produksi dalam negeri, Indonesia dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya alam dan menciptakan peluang ekonomi baru di sektor industri.

Selain itu, produk aluminium sulfat yang diproduksi secara lokal membantu menjaga kestabilan pasokan bahan baku untuk berbagai industri, yang mendukung keberlanjutan ekonomi.

1.2. Kapasitas Rancangan

Produk aluminium sulfat memiliki peran penting dalam berbagai sektor industri lain, seperti sebagai bahan baku utama dalam industri sabun, *pulp* atau kertas, pewarna, dan farmasi. Selain itu, produk ini juga digunakan dalam pengolahan air dan limbah. Berdasarkan hal ini, penentuan kapasitas produksi untuk perancangan pabrik aluminium sulfat didasarkan pada potensi kapasitas produksi yang ada.

1.2.1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam produksi Aluminium Sulfat adalah Aluminium Hidroksida dan Asam Sulfat. Berikut ini adalah data pabrik penghasil Aluminium Hidroksida dan Asam Sulfat:

Tabel 1.1. Daftar pabrik penghasil Aluminium Hidroksida (Kemenperin, 2024)

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Indonesia Chemical Alumina	Sanggau, Kalbar	160,000

Tabel 1.2. Daftar pabrik penghasil Asam Sulfat (Kemenperin, 2024)

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Dunia Kimia Utama	Ogan Ilir, Sumsel	20,000
PT. Mahkota Indonesia	Jakarta Utara	49,500
PT. Mahkota Jaya Raya	Karawang, Jabar	14,500
PT. Petrokimia Gresik	Gresik, Jatim	600,000
PT. Indonesia Acids Industry	Jakarta Timur	33,000
PT. Petro Jordan Abadi	Gresik, Jatim	530,000
PT. Timuraya Tunggal	Karawang, Jabar	66,000
PT. Utama Inti Hasil Kimia Industri	Deli Serdang, Sumut	27,000
PT. Liku Telaga	Gresik, Jatim	66,000

Dengan mempertimbangkan aspek lokasi sumber bahan baku yaitu asam sulfat dan aluminium hidroksida, lokasi pendirian pabrik aluminium sulfat bertempat di Kabupaten Karawang Jawa Barat dengan memilih PT. Timuraya Tunggal sebagai pemasok bahan baku asam sulfat karena lokasi pabrik yang berdekatan sehingga menghemat biaya transportasi. Sedangkan aluminium hidroksida akan dipasok oleh PT. Indonesia Chemical Alumina melalui jalur laut kemudian memanfaatkan akses jalur tol dari Pelabuhan Tanjung Priok ke Karawang.

1.2.2. Kapasitas Pabrik yang Telah Beroperasi

Ada beberapa pabrik yang telah beroperasi untuk memproduksi Aluminium Sulfat di Indonesia. Berikut daftar pabrik penghasil Aluminium Sulfat:

Tabel 1.3. Daftar pabrik penghasil Aluminium Sulfat (Kemenperin, 2024)

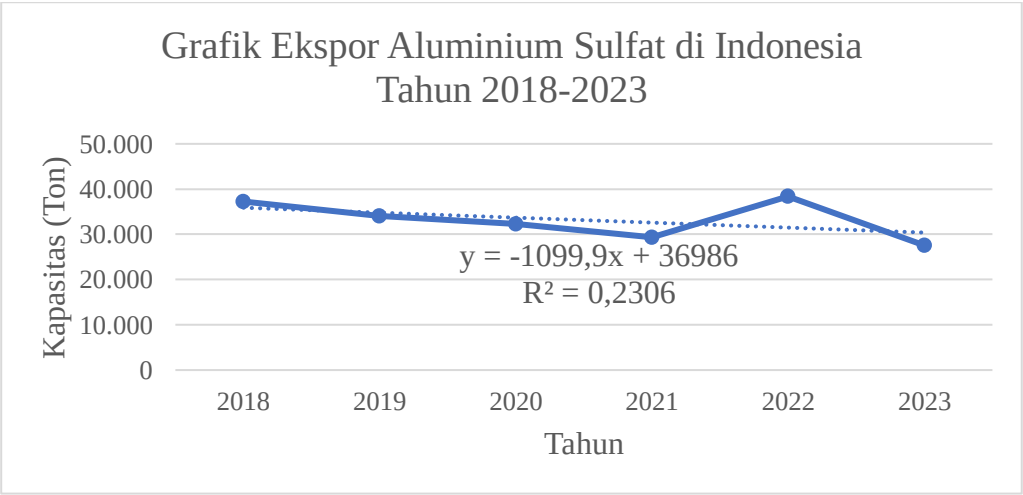
Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Abadi Kimia	Sidoarjo, Jatim	5,400
PT. Aktif Indonesia Indah	Surabaya, Jatim	30,000
PT. Dunia Kimia Utama	Ogan Ilir, Sumsel	8,415
PT. Indonesia Acids Industry	Jakarta Timur	16,830
PT. Mahkota Jaya Raya	Karawang, Jabar	20,500
PT. Poly Arta Chemicals	Sidoarjo, Jatim	20,000
PT. Timuraya Tunggal	Karawang, Jabar	23,500
PT. Utama Inti Hasil Kimia Industri	Deli Serdang, Sumut	27,000
PT. Liku Telaga	Gresik, Jatim	59,400
Jumlah		211,045

1.2.3. Jumlah Impor dan Ekspor Aluminium Sulfat

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia, kegiatan ekspor aluminium sulfat di Indonesia dalam kurun waktu enam tahun terakhir menunjukkan angka yang cukup besar setiap tahunnya. Berikut adalah data nilai ekspor aluminium sulfat dari Indonesia:

Tabel 1.4. Data Ekspor Aluminium Sulfat (Badan Pusat Statistik, 2024)

Tahun	Kapasitas (Ton)
2018	37,273
2019	34,029
2020	32,284
2021	29,295
2022	38,370
2023	27,567

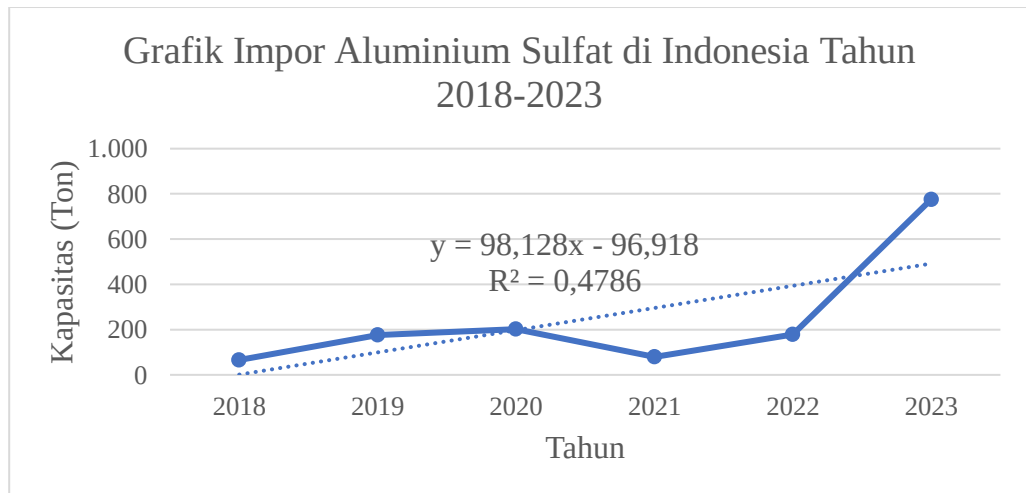


Gambar 1.1. Grafik Ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia

Selain ekspor, Indonesia juga masih melakukan impor aluminium sulfat yang secara linear terus meningkat dalam kurun waktu enam tahun terakhir. Berikut adalah data impor aluminium sulfat berdasarkan Badan Pusat Statistik:

Tabel 1.5. Data Impor Aluminium Sulfat (Badan Pusat Statistik, 2024)

Tahun	Kapasitas (Kg)
2018	65,888
2019	177,077
2020	201,372
2021	79,941
2022	178,975
2023	775,934



Gambar 1.2. Grafik Impor Aluminium Sulfat di Indonesia

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilakukan beberapa pertimbangan untuk menentukan kapasitas pabrik sebagai berikut:

1. Dengan metode pertumbuhan rata-rata, persamaan $y = - 1.099,9x + 36.986$ dengan $R^2 = 0.2306$ kebutuhan ekspor aluminium sulfat sampai dengan tahun 2027 nanti diperkirakan sebesar 29.000 ton/tahun. Sedangkan jumlah impor aluminium sulfat berdasarkan persamaan $y = 98,128x - 96,918$ dengan $R^2 = 0,4786$ diperkirakan mencapai 589,978 ton/tahun pada 2027.
2. Ketersediaan bahan baku yaitu asam sulfat sebesar 66.000 ton/tahun dari PT. Timuraya Tunggal dan aluminium hidroksida sebanyak 160.000 ton/tahun yang diproduksi PT. Indonesia Chemical Alumina.
3. Kapasitas rata – rata pabrik aluminium sulfat di Indonesia sekitar 24.000 ton/tahun.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, pabrik yang didirikan akan menggunakan sekitar 50% dari kebutuhan ekspor – impor dan rata – rata kapasitas pabrik aluminium sulfat di Indonesia. Untuk memenuhi kebutuhan ekspor dan mengurangi jumlah impor maka kapasitas pabrik yang akan didirikan sebesar 12.000 ton/tahun.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

1.3.1. Bahan Baku

Bahan baku memiliki peran krusial dalam proses produksi di pabrik. Lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku akan memberikan keuntungan lebih. Dalam hal ini, bahan baku yang digunakan adalah asam sulfat dan Aluminium

Hidroksida, yang dipasok oleh PT. Indonesia Chemical Alumina dan PT. Timuraya Tunggal. Sebagai kawasan industri, Kota Bukit Indah di Karawang memiliki fasilitas transportasi dan telekomunikasi yang memadai.

1.3.2. Transportasi dan Telekomunikasi

Kota Bukit Indah Raya Karawang, sebagai kawasan industri, memiliki fasilitas transportasi dan telekomunikasi yang memadai. Kota Bukit Indah, yang memiliki akses mudah ke jalan provinsi dan tol serta area yang luas, menjadi pilihan yang ideal untuk pembangunan pabrik.

1.3.3. Tenaga Kerja

Selain mempertimbangkan faktor geografis dan infrastruktur, perusahaan juga perlu memperhatikan ketersediaan tenaga kerja yang memadai. Peningkatan jumlah penduduk perantau di Karawang yang mencari pekerjaan menandakan adanya potensi pasar tenaga kerja yang besar. Pembukaan lowongan kerja baru oleh perusahaan – perusahaan yang beroperasi di wilayah ini diharapkan dapat mengurangi angka pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Kebutuhan tenaga kerja untuk operasi pabrik Aluminium Sulfat ini dapat diisi masyarakat Kabupaten Karawang dan sekitarnya dengan kriteria yang sesuai.

1.3.4. Karakteristik Lokasi

Kabupaten Karawang memiliki potensi yang besar sebagai pusat industri, dengan ketersediaan lahan, infrastruktur, dan tenaga kerja yang memadai. Namun, perusahaan perlu memperhatikan kondisi iklim tropis, potensi bencana alam, serta regulasi lingkungan yang berlaku. Dengan perencanaan yang matang, Kawasan industri Kota Bukit Indah dapat menjadi lokasi yang strategis untuk mengembangkan bisnis.

1.3.5. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik di Kabupaten Karawang perlu mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk kebijakan pemerintah daerah yang bertujuan untuk mendorong pertumbuhan industri yang berkelanjutan. Kebijakan pengembangan industri di Karawang diarahkan untuk menciptakan pemerataan lapangan kerja, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, serta mendukung pembangunan daerah secara menyeluruh. Dengan kata lain, pemilihan Karawang sebagai lokasi pendirian pabrik selaras dengan visi dan misi pembangunan daerah.

1.4. Tinjauan Proses

1.4.1. Proses Giulini

Di Jerman dan sebagian besar negara Eropa, aluminium sulfat diproduksi dalam skala besar menggunakan proses Giulini, yang melibatkan aluminium hidroksida dan asam sulfat. Proses ini memungkinkan produksi aluminium sulfat dengan kemurnian tinggi. Produksi juga dilakukan dengan mereaksikan asam sulfat dengan bijih yang mengandung aluminium, seperti lempung dan bauksit dengan kandungan silikon tinggi dan besi rendah (Ullmann, 2005).

Berdasarkan *US Patent* US3226188 untuk mencapai dekomposisi aluminium hidroksida yang optimal dengan asam sulfat encer, pengadukan turbulen yang kuat dan penambahan asam sulfat yang sangat cepat diperlukan untuk memastikan suhu reaksi yang diinginkan tercapai secara bertahap. Suhu asam sulfat yang ditambahkan dikontrol antara 35 – 50°C, untuk mempertahankan suhu reaksi dalam rentang 150 – 200°C, dan idealnya 165 – 180°C, mempertimbangkan kehilangan panas akibat radiasi dari wadah pencampuran serta panas yang dihasilkan dari reaksi. Untuk mencegah hidrolisis aluminium sulfat yang menghasilkan aluminium sulfat dasar yang tidak larut dan lelehan sulfat yang sangat asam, waktu pengadukan dibatasi tidak lebih dari satu jam, dan sebaiknya tidak lebih dari 30 menit. Dengan demikian, suhu reaksi dalam bejana reaksi atau *autoclave* mencapai 150 – 200 °C, dan tekanan dalam bejana meningkat hingga sekitar 3 hingga 10 atmosfer di atas tekanan atmosfer (*US Patent* US3226188, Rüter, et al, 1965)

Sedangkan berdasarkan Ullmann (2005), Proses Giulini mencakup beberapa tahap. Pertama, wadah tahan tekanan diisi dengan aluminium hidroksida dan ditambahkan asam sulfat hangat, lalu diaduk. Reaksi ini mulai terjadi setelah 60 – 300 detik dan selesai dalam 10 – 12 menit, dengan peningkatan suhu hingga 170°C dan tekanan mencapai 5 – 6 bar. Cairan kemudian dialirkan ke dalam kontainer tembaga untuk penguapan cepat, lalu dipindahkan ke tangki vakum untuk pendinginan. Produk akhir dicampur dengan bubuk aluminium sulfat dan dibawa ke sabuk kristalisasi untuk mengkristal dalam waktu sekitar 30 menit. Setelah didinginkan, digiling, dan diayak, aluminium sulfat dikemas untuk distribusi.

Aluminium sulfat yang dihasilkan dengan kandungan 17,2% Al_2O_3 mengandung hanya 0,01% material yang tidak larut, menunjukkan efisiensi

proses ini. Untuk transportasi dalam bentuk larutan, kandungan Al_2O_3 disesuaikan menjadi sekitar 8% untuk mencegah kristalisasi selama pengangkutan.

1.4.2. Proses Dorr

Aluminium sulfat diproduksi dari reaksi antara asam sulfat dengan bauksit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Material yang ditambang memiliki komposisi yang bervariasi yaitu 1 sampai 3 molekul air serta impuritas seperti besi, silika, titanium, dan selenium. Bijih bauksit digiling halus hingga mencapai ukuran partikel yang optimal untuk meningkatkan luas permukaan kontak. Bubuk bauksit kemudian direaksikan dengan asam sulfat pekat dalam reaktor tertutup pada suhu sekitar $105 - 110^\circ\text{C}$. Proses pengadukan yang intensif memastikan distribusi reaktan merata dan mempercepat laju reaksi. Setelah reaksi berlangsung selama beberapa jam, campuran reaksi didinginkan dan dipisahkan menjadi fasa padat dan fasa cair. Fasa cair yang mengandung larutan aluminium sulfat kemudian dimurnikan melalui proses filtrasi dan pengendapan untuk menghilangkan *impurities*. Larutan murni selanjutnya dipekatkan melalui penguapan dan didinginkan hingga terbentuk kristal aluminium sulfat (Faith & Keyes, 1957).

Proses Dorr merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam industri untuk memproduksi aluminium sulfat. Pada proses ini, bijih bauksit yang telah digiling halus direaksikan dengan asam sulfat dalam reaktor khusus yang dilengkapi dengan agitator mekanis. Agitator ini berfungsi untuk mencampurkan reaktan secara merata dan mempercepat laju reaksi. Selain itu, penambahan udara atau uap panas juga membantu meningkatkan efisiensi proses. Suhu reaksi yang terkontrol dan waktu reaksi yang cukup akan menghasilkan larutan aluminium sulfat. Setelah reaksi selesai, campuran reaksi kemudian dialirkan menuju serangkaian pengental (*thickener*). Dalam pengental ini, padatan yang tidak bereaksi akan terpisah dari larutan aluminium sulfat. Untuk mempercepat proses pengendapan, biasanya ditambahkan koagulan. Proses pencucian dilakukan secara berlawanan arus untuk memastikan bahwa padatan yang dibuang tidak mengandung aluminium sulfat yang signifikan.

Larutan aluminium sulfat yang telah dimurnikan dari pengotor kemudian dipekatkan melalui proses penguapan. Penguapan dilakukan dalam evaporator yang dilapisi timbal untuk mencegah kontaminasi. Uap yang dihasilkan dari proses penguapan dapat dimanfaatkan kembali untuk memanaskan larutan lain.

Larutan pekat yang diperoleh kemudian didinginkan secara perlahan untuk menginduksi pembentukan kristal aluminium sulfat. Kristal – kristal ini kemudian dipisahkan dari larutan induk, dicuci, dan dikeringkan. Produk akhir yang dihasilkan umumnya berupa aluminium sulfat basa dengan kandungan air yang bervariasi. Efisiensi proses Dorr cukup tinggi, dengan tingkat konversi aluminium oksida yang mencapai 90-95% (Faith & Keyes, 1957).

1.4.3. Proses

Pembuatan aluminium sulfat berdasarkan Proses Dorr dan Giulini secara umum dapat dibandingkan melalui tabel berikut:

Tabel 1.6. Tabel Perbandingan Proses Pembuatan Aluminium Sulfat
(Ullmann, 2005 dan Faith & Keyes, 1957)

Kriteria	Proses Dorr	Proses Giulini
Suhu Operasi (°C)	105 – 110	165 – 180
Tekanan (atm)	1 atm	5 atm
Bahan Baku	Bauksit (Kadar SiO ₂ , TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ masih tinggi)	Al(OH) ₃ (Kadar Al ₂ O ₃ tinggi dan SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O rendah)
Bahan Tambahan	Barium sulfida, Flake glue, asam sulfat	Aluminium hidroksida, asam sulfat
Produk Samping	Fe ₂ (SO ₄) ₃ , BaSO ₄ , FeS	-
Konversi Reaksi	90 – 95%	92 – 97%
Waktu Reaksi	15 – 20 jam	10 – 12 menit

Berdasarkan tabel di atas proses Giulini, dengan kondisi operasi suhu dan tekanan tinggi serta waktu reaksi singkat, menghasilkan aluminium berkualitas tinggi tanpa produk samping, menjadikannya pilihan yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Meskipun proses Dorr menawarkan fleksibilitas bahan baku, proses Giulini lebih diutamakan untuk produksi modern karena efisiensi, kecepatan, dan kualitas produk akhirnya.

1.5. Kegunaan Produk

Adapun beberapa kegunaan yang dimiliki aluminium sulfat dalam berbagai industri adalah sebagai berikut (Ullmann, 2005):

1.5.1. Pengolahan Air

Sekitar dua pertiga produksi aluminium sulfat digunakan untuk pemurnian air, bertindak sebagai agen flokulasi yang mengendapkan kotoran dan partikel koloid. Penggunaannya memerlukan 5–50 gram per meter kubik air, namun memiliki kelemahan seperti pembentukan karbon dioksida bebas, peningkatan kekerasan non-karbonat, dan pH yang tetap di rentang 5–7.

1.5.2. Industri Kertas

Sekitar setengah produksi aluminium sulfat digunakan dalam industri kertas, terutama untuk pelapisan kertas, penyesuaian pH, dan pemurnian limbah. Produk ini juga mendukung retensi bahan, fiksasi pelapis, dan mencegah partikel resin menyumbat saringan. Aluminium sulfat dengan kandungan Fe_2O_3 lebih dari 0,2% tidak cocok untuk kertas putih berkualitas tinggi karena menyebabkan warna kekuningan.

1.5.3. Penggunaan Lain

Aluminium sulfat berfungsi sebagai mordan dalam proses pewarnaan tekstil untuk mencegah perubahan warna. Selain itu, digunakan dalam pengawetan benih, penghilang bau minyak mineral, dan proses penyamakan. Produk ini juga mendukung produksi gel aluminium hidroksida sebagai pengisi karet sintetis, serta berperan sebagai bahan pendukung katalis dan bahan dasar bagi hampir semua senyawa aluminium lainnya.