

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Salah satu strategi untuk meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian nasional adalah melalui pengembangan sektor industri. Pertumbuhan sektor industri kimia diharapkan mampu mendorong peningkatan ekonomi nasional serta sektor industri lainnya. Pembangunan industri bertujuan memenuhi kebutuhan dalam negeri, menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan daerah, serta mempercepat alih teknologi. Pengembangan industri juga bertujuan memperkuat struktur ekonomi nasional melalui keterkaitan antarsektor yang saling mendukung, meningkatkan ketahanan ekonomi, serta mendorong pertumbuhan sektor pembangunan lainnya. Salah satu komoditas kimia yang memiliki peran strategis namun sebagian besar kebutuhannya masih dipenuhi dari luar negeri adalah gipsum.

Gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah senyawa kalsium sulfat dihidrat yang dapat diproduksi secara sintesis melalui reaksi antara batu kapur (kalsium karbonat) dengan asam sulfat, sebagaimana telah dikembangkan dalam beberapa rancangan pabrik gipsum berbasis bahan baku tersebut di Indonesia (Subroto & Tangkawarow, 2023). Kebutuhan gipsum nasional selama ini dipenuhi melalui kombinasi produksi dalam negeri dan impor dari luar negeri, di mana produksi gipsum domestik tercatat masih belum mampu mencukupi seluruh kebutuhan industri di dalam negeri (Wati, 2013). Hal ini turut dikonfirmasi oleh laporan tahunan lembaga survei geologi Amerika Serikat (United States Geological Survey), yang mencatat gipsum sebagai salah satu komoditas mineral yang mungkin diproduksi di Indonesia, namun informasi yang tersedia tidak memadai untuk menghasilkan estimasi produksi yang andal (USGS, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa pasokan gipsum dalam negeri belum tercatat secara konsisten sebagai sumber yang dapat diandalkan bagi industri nasional, sehingga membuka peluang besar untuk membangun industri gipsum sintesis dalam negeri sebagai substitusi impor.

Ketergantungan pada impor ini kurang sejalan dengan ketersediaan bahan baku dalam negeri yang sesungguhnya sangat melimpah. Gipsum dapat diproduksi secara sintesis melalui reaksi antara kalsium karbonat (CaCO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4), dua bahan yang cadangan dan kapasitas produksinya di Indonesia tergolong besar. Dari sisi kalsium karbonat, sumber utamanya adalah batu kapur (limestone) yang tersebar luas di berbagai wilayah Indonesia. Cadangan batu kapur tercatat cukup besar di berbagai provinsi, di antaranya Banten sekitar 61,6

juta ton, Jawa Barat sekitar 660,3 juta ton, Jawa Tengah sekitar 6 juta ton, D.I. Yogyakarta sekitar 10 juta ton, Jawa Timur sekitar 3,069 miliar ton, dan Bali sekitar 154,64 juta ton (Aziz, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, tekMIRA-Kementerian ESDM). Ketersediaan cadangan yang besar dan tersebar di banyak wilayah ini menjadikan kalsium karbonat sebagai bahan baku yang mudah diakses dan kompetitif dari sisi biaya transportasi maupun harga.

Dari sisi asam sulfat, Indonesia memiliki kapasitas produksi nasional yang cukup besar sebagai bahan baku penunjang. Berdasarkan data pabrik produksi asam sulfat yang telah berdiri di Indonesia, total kapasitas produksi nasional tercatat mencapai 3.369.800 ton per tahun, dengan kontributor utama antara lain PT Petrokimia Gresik sebesar 1.170.000 ton/tahun, PT Smelting Indonesia sebesar 839.500 ton/tahun, PT Petro Jordan Abadi sebesar 600.000 ton/tahun, serta beberapa produsen lain seperti PT Liku Telaga Gresik, PT Indo Bharat Rayon, dan PT Indonesian Acid Industri. Selain itu, kebutuhan asam sulfat nasional dari tahun ke tahun juga menunjukkan tren pertumbuhan impor rata-rata sebesar 21% per tahun dan pertumbuhan ekspor rata-rata 70% per tahun pada periode 2017–2021, berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2021). Ketersediaan asam sulfat dalam jumlah besar dari berbagai produsen dalam negeri ini memperkuat peluang keekonomian pendirian pabrik gipsum sintetis, karena bahan baku dapat diperoleh dengan harga yang kompetitif tanpa harus bergantung pada pasokan impor.

Berdasarkan uraian tersebut, pemanfaatan kalsium karbonat dan asam sulfat sebagai bahan baku pembuatan gipsum sintetis diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor gipsum, menekan pengeluaran devisa negara, serta memberikan nilai tambah terhadap sumber daya mineral dan kapasitas industri kimia yang tersedia di dalam negeri. Pengembangan industri gipsum berbasis bahan baku lokal ini merupakan langkah strategis untuk memperkuat struktur industri kimia nasional. Pembangunan pabrik gipsum juga berpotensi menciptakan lapangan kerja baru, mendorong pertumbuhan ekonomi daerah, serta memperkuat industri nasional yang berkelanjutan.

1.2.Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas produksi pabrik mempertimbangkan data historis ekspor dan impor sebagai dasar estimasi kebutuhan dalam negeri, dengan acuan bahwa kapasitas rancangan idealnya tidak berada di bawah kapasitas pabrik sejenis yang telah beroperasi. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam menetapkan kapasitas produksi meliputi:

- a. Proyeksi kebutuhan gypsum nasional pada tahun pabrik direncanakan beroperasi.
- b. Ketersediaan pasokan bahan baku.

c. Proses produksi yang akan diterapkan.

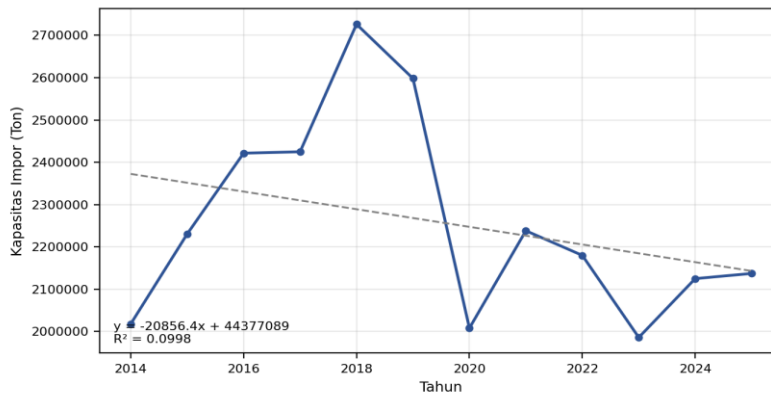
1.2.1. Prediksi Kebutuhan Gypsum di Indonesia

Volume impor gypsum Indonesia dari tahun ke tahun cenderung berfluktuasi pada kisaran dua juta ton, mengindikasikan bahwa produksi dalam negeri belum mampu menutupi kebutuhan pasar secara mandiri. Data historis impor gypsum nasional yang bersumber dari Badan Pusat Statistik disajikan pada Tabel 1.1 berikut:

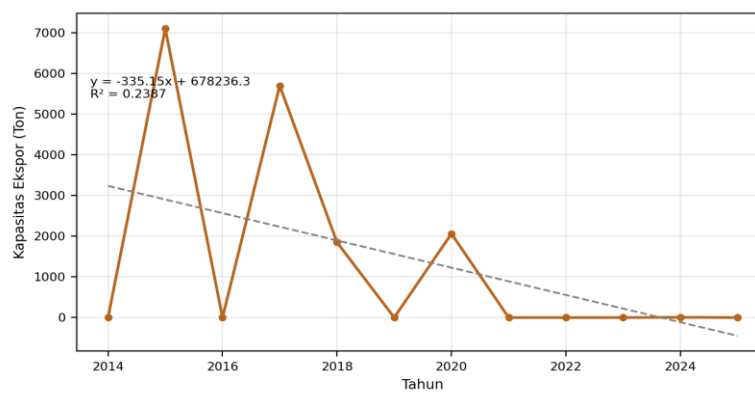
Tabel 1 1 Data Impor, Gypsum di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2025)

Tahun	Impor (Ton)
2015	2.230.297
2016	2.421.479
2017	2.424.787
2018	2.726.285
2019	2.598.128
2020	2.007.840
2021	2.238.086
2022	2.179.842
2023	1.985.798
2024	2.124.857
2025	2.137.106

Besarnya volume impor yang bertahan pada angka dua juta ton per tahun ini mengindikasikan adanya celah pasar yang berkelanjutan bagi industri gypsum domestik, baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk membuka peluang ekspor. Mengingat industri semen dan konstruksi terus berkembang seiring pertumbuhan pembangunan nasional, kebutuhan gypsum sebagai bahan penunjang kedua sektor tersebut juga perlu terus dipantau pergerakannya. Kecenderungan historis data impor dan ekspor gypsum Indonesia digambarkan pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 berikut:



Gambar 1. 1 Data Impor Gypsum



Gambar 1. 2 Data Ekspor Gypsum

Proyeksi kebutuhan gipsum pada tahun pendirian pabrik dihitung menggunakan metode laju pertumbuhan rata-rata tahunan. Berbeda dari komoditas yang seluruh kebutuhannya bergantung pada impor, gipsum nasional telah memiliki produksi dalam negeri, sehingga nilai konsumsi domestik ditentukan melalui prinsip kesetimbangan massa: $\text{Konsumsi} = \text{Produksi} + \text{Impor} - \text{Ekspor}$.

Tabel 1 2 Data Impor Ekspor Gypsum di Indonesia dan Pertumbuhannya

Tahun	Jumlah		%Prediksi	
	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)	Produksi	Konsumsi
2014	0,316	2.017.705,832	-	-
2015	7.101,731	2.230.296,645	-	-
2016	0,400	2.421.478,558	-	-

2017	5.700,202	2.424.786,981	-	-
2018	1.850,000	2.726.284,738	-	-
2019	1,052	2.598.128,082	-	-
2020	2.060,120	2.007.840,270	0,085445	-13,340329
2021	0,035	2.238.086,316	0,073254	6,088130
2022	0,000	2.179.842,398	0,079746	-1,394648
2023	0,534	1.985.797,931	0,011500	-4,828189
2024	5,814	2.124.857,361	-	-
2025	0,334	2.137.106,466	-	-
Total (%Prediksi)			0,24994	-13,4750
Rata-Rata (i)			0,062486	-3,368759

1.2.2. Perhitungan Kapasitas Produksi

Pabrik gipsum ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2029, menggunakan basis data historis tahun 2019–2023. Estimasi nilai ekspor, impor, produksi, dan konsumsi pada tahun operasi pabrik dihitung dengan metode discounted berikut:

$$M = P \times (1 + i)^n$$

Keterangan: M = Nilai proyeksi pada tahun akhir perhitungan P = Nilai ekspor/impor/produksi/konsumsi pada tahun dasar (2023) M1 = Nilai produksi pada tahun 2029 M2 = Nilai impor pada tahun 2029 M3 = Nilai ekspor pada tahun 2029 M4 = Nilai konsumsi pada tahun 2029 i = Laju pertumbuhan rata-rata per tahun n = Rentang tahun dasar terhadap tahun operasi pabrik (2029–2023 = 6 tahun)

A. Proyeksi Nilai pada Tahun 2029

$$M1 \text{ (Produksi)} = 1.835.000 \times (1+0,00062)^6 = 1.841.890,48 \text{ ton/tahun}$$

$$M2 \text{ (Impor)} = 1.985.797,93 \times (1-0,05689)^6 = 1.397.350,49 \text{ ton/tahun}$$

$$M3 \text{ (Ekspor)} = 0,534 \times (1-0,15596)^6 = 0,19 \text{ ton/tahun}$$

$$M4 \text{ (Konsumsi)} = 3.820.797,40 \times (1-0,03369)^6 = 3.110.708,74 \text{ ton/tahun}$$

B. Estimasi Peluang Pasar pada Tahun 2029

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Demand} = \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} = 0,19 + 3.110.708,74 = 3.110.708,93 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Supply} = \text{Produksi} + \text{Impor} = 1.841.890,48 + 1.397.350,49 = 3.239.240,97 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Peluang} = 3.110.708,93 - 3.239.240,97 = -128.532,03 \text{ ton/tahun}$$

Nilai peluang pasar yang diperoleh dari perhitungan di atas bernilai negatif. Artinya, apabila tren historis ekspor, impor, produksi, dan konsumsi berlanjut secara linier, proyeksi pasokan (supply) gipsum pada tahun 2029 justru diperkirakan melampaui proyeksi permintaannya (demand). Kondisi ini muncul karena laju penurunan volume impor secara historis lebih landai dibandingkan laju penurunan konsumsi domestik. Dengan demikian, pendekatan celah pasar (market gap) tidak dapat dijadikan dasar tunggal penentuan kapasitas, sehingga kapasitas produksi pabrik pada rancangan ini ditentukan melalui pendekatan pangsa pasar (market share) terhadap total proyeksi permintaan gipsum nasional pada tahun 2029.

C. Penetapan Kapasitas Produksi Tahun 2029

$$\text{Kapasitas Produksi} = \% \text{Pangsa Pasar} \times \text{Demand 2029}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 5,14\% \times 3.110.708,93 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 159.940,44 \text{ ton/tahun} \approx 160.000 \text{ Ton/Tahun}$$

1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku

Kelancaran produksi pada kapasitas yang telah ditetapkan sangat bergantung pada kepastian pasokan bahan baku. Dua bahan baku utama pembuatan gipsum pada rancangan ini adalah kalsium karbonat dan asam sulfat. Kalsium karbonat direncanakan dipasok oleh PT. Pentawira Agraha Sakti yang berlokasi di Tuban dengan kapasitas produksi 1.980.000 ton/tahun, sementara asam sulfat dipasok oleh PT. Petrokimia Gresik Tbk. yang berlokasi di Gresik dengan kapasitas produksi 1.170.000 MT/tahun. Sebagai pembanding, berikut kapasitas beberapa pabrik gipsum yang telah beroperasi di Indonesia:

Tabel 1 3 Kapasitas Pabrik Gypsum di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT Petro Jordan Abadi	1.000.000
PT Petro Kimia Gresik	800.000
PT Smelting	35.000

Dengan mempertimbangkan volume impor nasional, kapasitas pabrik-pabrik gipsum yang telah berdiri, serta hasil proyeksi permintaan pasar pada sub-bab sebelumnya, kapasitas produksi pabrik gipsum dari kalsium karbonat dan asam sulfat ini ditetapkan sebesar 160.000 ton/tahun, sebuah skala yang diharapkan mampu memberikan margin keuntungan yang wajar mengingat tingginya kebutuhan gipsum domestik yang belum terpenuhi.

1.3.Penentuan Lokasi Pabrik

Penetapan lokasi pabrik perlu mempertimbangkan karakteristik proses produksinya, khususnya apakah pabrik tergolong tipe weight loss atau weight gain.

I. Weight Loss

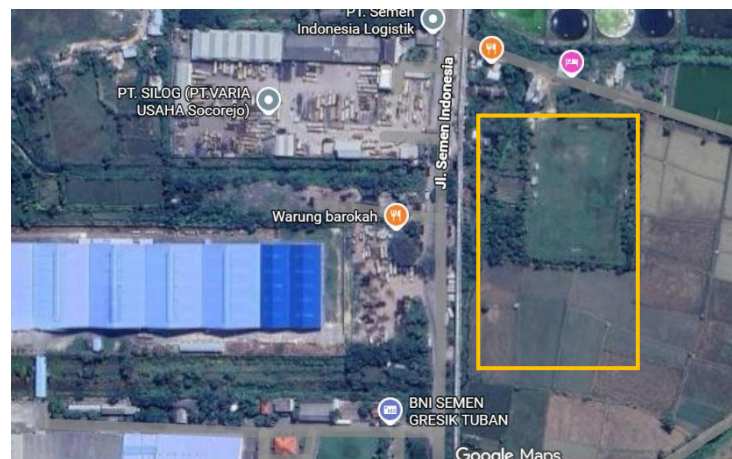
Pabrik dengan tipe weight loss menghasilkan produk yang bobotnya lebih ringan dibandingkan total bahan baku yang digunakan. Untuk tipe pabrik seperti ini, lokasi yang berdekatan dengan sumber bahan baku lebih disarankan agar biaya transportasi pengangkutan bahan baku dapat ditekan.

II. Weight Gain

Sebaliknya, pabrik dengan tipe weight gain menghasilkan produk yang bobotnya lebih besar dibandingkan bahan baku, sehingga lokasi pabrik cenderung diarahkan mendekati wilayah pemasaran produk.

Produksi gipsum dari kalsium karbonat dan asam sulfat tergolong tipe weight loss, karena sebagian massa bahan baku terlepas sebagai gas CO₂ selama reaksi berlangsung, sehingga produk akhir memiliki bobot lebih ringan dari total bahan baku awal. Berdasarkan karakteristik tersebut, pemilihan lokasi turut mempertimbangkan faktor ketersediaan bahan baku, akses utilitas, tenaga kerja, jangkauan pasar, serta potensi perluasan pabrik di masa mendatang. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri Tuban, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban, Jawa Timur.

Penentuan lokasi pabrik didasarkan pada sejumlah faktor, antara lain ketersediaan bahan baku, fasilitas utilitas, ketersediaan tenaga kerja, akses terhadap daerah pemasaran, serta fleksibilitas untuk perluasan wilayah di masa mendatang. Dengan mempertimbangkan berbagai aspek tersebut, pabrik gipsum akan dibangun di Kawasan Industri Tuban, tepatnya di Desa Terangrejo, Temaji, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban. Pabrik ini direncanakan menempati lahan seluas 30.000 m² dengan dimensi 300 m × 100 m. Lokasi yang dipilih dinilai memiliki keunggulan baik dari segi kemudahan pengoperasian maupun aspek ekonomi pembangunan pabrik.



Gambar 1. 3 Lokasi Pendirian Pabrik

Berikut adalah beberapa faktor teknis dan ekonomis yang harus diperhatikan dalam penentuan lokasi pabrik, antara lain:

1.3.1. Bahan Baku

Dua bahan baku utama produksi gipsum, yaitu kalsium karbonat dan asam sulfat, tersedia dari pemasok yang berlokasi tidak jauh dari kawasan Tuban: kalsium karbonat dipasok oleh PT. Pentawira Agraha Sakti yang berbasis di Tuban, sedangkan asam sulfat dipasok oleh PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 1.170.000 ton/tahun. Kedekatan lokasi pabrik dengan kedua pemasok ini bertujuan menekan biaya logistik pengadaan bahan baku.

1.3.2. Sarana dan Transportasi

Kelancaran distribusi bahan baku dan produk sangat bergantung pada aksesibilitas transportasi kendaraan bermuatan besar menuju lokasi pabrik. Kabupaten Tuban memiliki jaringan transportasi darat dan laut serta infrastruktur telekomunikasi yang memadai untuk mendukung operasional pabrik, baik untuk pemenuhan pasar domestik maupun potensi ekspor.

1.3.3. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja menjadi salah satu pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Kabupaten Tuban memiliki jumlah penduduk usia produktif yang cukup besar disertai tingkat pengangguran yang memadai untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja pabrik, baik untuk posisi operasional maupun teknis.

1.3.4. Karakteristik Lokasi

Aspek karakteristik lokasi mencakup kondisi iklim, pola musim, serta potensi risiko bencana seperti gempa bumi di wilayah tersebut. Kabupaten Tuban, Jawa Timur, dinilai memiliki karakteristik geografis yang cukup layak untuk dijadikan kawasan industri kimia.

1.3.5. Kebijakan Pemerintah

Faktor regulasi dan kebijakan pemerintah daerah turut memengaruhi keputusan lokasi pendirian pabrik. Kebijakan pengembangan industri di Kabupaten Tuban yang berorientasi pada pemerataan tenaga kerja dan peningkatan kesejahteraan masyarakat menjadikan wilayah ini cukup kondusif bagi investasi industri.

1.3.6. Perluasan Pabrik

Lokasi yang dipilih perlu menyediakan lahan cadangan untuk mengantisipasi peningkatan kapasitas produksi di masa mendatang, mengingat kebutuhan gipsum untuk mendukung industri semen dan konstruksi diproyeksikan terus bertumbuh, sehingga ketersediaan lahan perluasan menjadi salah satu pertimbangan strategis jangka panjang.

Berdasarkan keseluruhan pertimbangan di atas, tiga alternatif lokasi berikut dibandingkan sebagai kandidat pendirian pabrik:

Tabel 1 4 Perbandingan Alternatif Lokasi Pabrik

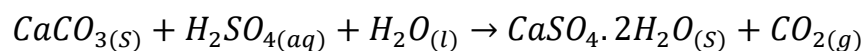
Parameter	Tuban, Jawa Timur	Rembang, Jawa Tengah	Cilegon, Banten
Upah Minimum Regional	Rp2.864.225	Rp2.099.689	Rp4.815.102
Harga Tanah	Rp3.000.000	Rp3.500.000	Rp5.000.000
Ketersediaan Bahan Baku	Cadangan batu kapur melimpah	Cadangan batu kapur cukup besar	Cadangan batu kapur cukup melimpah

Parameter	Tuban, Jawa Timur	Rembang, Jawa Tengah	Cilegon, Banten
Letak Pasar	Akses ke Jawa Timur, tersedia pelabuhan	Akses ke Jawa Tengah, lebih jauh dari Jabodetabek	Akses sangat baik ke Jabodetabek
Fasilitas Transportasi	Jalur utama & pelabuhan, akses tol memadai	Infrastruktur memadai, kurang terintegrasi	Infrastruktur sangat baik (tol, pelabuhan internasional, rel)
Peraturan Pemerintah	Mendukung dan menguntungkan	Mendukung dan menguntungkan	Mendukung dan menguntungkan

Dari perbandingan ketiga alternatif pada Tabel 1.5, Tuban dipilih sebagai lokasi pabrik karena unggul dalam hal ketersediaan bahan baku batu kapur, kedekatan dengan pemasok asam sulfat di Gresik, harga lahan yang relatif lebih terjangkau dibandingkan Rembang maupun Cilegon, serta dukungan infrastruktur transportasi darat dan laut yang memadai untuk kebutuhan distribusi.

1.4. Tinjauan Proses

Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan mineral nonlogam yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai sektor industri. Secara sintetis, gipsum dapat diproduksi melalui reaksi antara kalsium karbonat dengan asam sulfat pada kondisi operasi tertentu, sebagaimana persamaan reaksi berikut:



Secara garis besar, tahapan produksi gipsum meliputi penghancuran dan penggilingan bahan baku, pencampuran dengan pelarut, reaksi dalam reaktor, pemisahan produk melalui filtrasi, pencucian, hingga pengeringan menjadi produk gipsum kering yang siap dipasarkan.

1.4.1. Macam-Macam Proses Pembuatan Gipsum

Terdapat beberapa jalur proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan gipsum, yaitu:

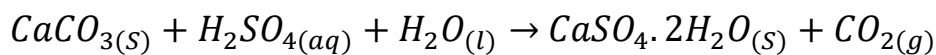
A. Produksi Gipsum dari Gipsum Rock

Pada jalur ini, batuan gipsum alam yang ditambang dari kawasan pegunungan dihancurkan menggunakan primary crusher, diayak hingga berukuran halus, dicampur

air, dikeringkan, kemudian digiling kembali untuk menghasilkan produk berupa board plaster maupun bagged plaster sesuai kebutuhan.

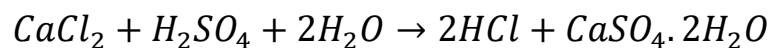
B. Produksi Gypsum dari Batu Kapur dan Asam Sulfat (Proses Sintesis)

Jalur ini mereaksikan batu kapur (CaCO_3) dengan asam sulfat (H_2SO_4) di dalam reaktor, menghasilkan kalsium sulfat dihidrat dengan kadar kemurnian tinggi (Kamarou et al., 2021). Hasil reaksi kemudian difiltrasi untuk memisahkan produk padat (cake) dari pengotornya, dicuci, lalu dikeringkan menggunakan rotary dryer sehingga diperoleh produk kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan kadar air yang rendah. Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



C. Produksi Gypsum dari Kalsium Klorida dan Asam Sulfat

Pada jalur ini, batuan mineral terlebih dahulu di-leaching menggunakan larutan HCl untuk memperoleh larutan kalsium klorida. Larutan tersebut kemudian direaksikan dengan asam sulfat di dalam reaktor tangki berpengaduk kontinu, menghasilkan HCl azeotropik sekaligus kristal kalsium sulfat, mengikuti reaksi:



D. Produksi Gypsum dari Flue Gas Desulfurization (FGD)

Gypsum FGD dihasilkan sebagai produk samping dari unit desulfurisasi gas buang pembangkit listrik tenaga batu bara, di mana gas SO_2 direaksikan dengan suspensi batu kapur hingga terbentuk kalsium sulfit, yang selanjutnya dioksidasi menjadi kalsium sulfat dihidrat. Karena bergantung pada keberadaan pembangkit listrik tenaga batu bara di sekitarnya, jalur ini kurang cocok diterapkan sebagai proses produksi gypsum yang berdiri sendiri.

1.4.2. Kegunaan Produk

Gypsum dimanfaatkan secara luas pada berbagai sektor. Di bidang konstruksi, gypsum menjadi bahan baku papan gypsum, plester dinding, plafon, dan cat tembok. Pada industri semen, gypsum berperan sebagai bahan pengatur waktu pengerasan (retarder) (ScienceDirect Topics, 2025). Di bidang kesehatan, gypsum dimanfaatkan sebagai bahan penambal gigi maupun cetakan tulang. Sementara pada sektor pertanian, gypsum digunakan sebagai bahan pembenah tanah untuk memperbaiki struktur tanah salin dan sodik dengan menggantikan ion natrium yang terjerap pada koloid tanah dengan ion kalsium, sekaligus menyediakan unsur hara kalsium dan sulfur bagi tanaman (LaBarge, 2024; Nehela et al., 2021). Selain itu, gypsum

juga berfungsi sebagai bahan pengering pada produksi cat, bahan baku tinta, serta digunakan dalam industri pengolahan logam untuk menghaluskan permukaan material.

1.4.3. Pemilihan Proses

Penentuan jalur proses yang digunakan dalam suatu pra-rancangan pabrik perlu mempertimbangkan beberapa aspek utama secara menyeluruh, yaitu ketersediaan dan kemudahan memperoleh bahan baku, tingkat konsumsi energi yang dibutuhkan selama proses berlangsung, kemurnian produk yang dihasilkan, kebutuhan investasi peralatan, serta tingkat kesiapan dan keandalan teknologi (technology readiness) pada skala komersial. Keempat proses produksi gipsum sintesis yang telah diuraikan pada sub-bab 1.4.1 memiliki karakteristik yang berbeda-beda pada setiap aspek tersebut, sehingga perbandingan secara sistematis diperlukan untuk menentukan proses yang paling sesuai dengan kondisi dan tujuan pendirian pabrik ini.

Tabel 1 5 Pertimbangan Proses Pembuatan Gipsum

Proses	Kelebihan	Kekurangan
Gipsum dari Gipsum Rock	Konsumsi energi lebih sedikit; kemurnian dapat disesuaikan bahan baku	Ketersediaan bahan baku terbatas; investasi besar
Gipsum dari Batu Kapur dan Asam Sulfat	Bahan baku murah dan mudah didapat; konsumsi energi sedang; kemurnian produk 91–92%	Investasi yang dibutuhkan sedang
Gipsum dari Kalsium Klorida dan Asam Sulfat	Konsumsi energi sedang; kemurnian dapat mencapai 90%	Ketersediaan bahan baku CaCl_2 sangat sedikit; investasi besar
Gipsum dari Flue Gas Desulfurization	Konsumsi energi sedang; kemurnian cukup tinggi (95%)	Bahan baku sulit didapat dan terbatas; bergantung pada PLTU batu bara

Ditinjau dari aspek ketersediaan bahan baku, proses gipsum rock sangat bergantung pada keberadaan cadangan batuan gipsum alam yang jumlahnya terbatas dan tidak tersebar merata di seluruh wilayah Indonesia, sehingga berisiko menghambat kontinuitas pasokan dalam jangka panjang. Proses berbasis kalsium klorida menghadapi kendala serupa, mengingat CaCl_2

pada dasarnya merupakan hasil samping industri lain (seperti produksi soda abu melalui proses Solvay) yang ketersediaannya di pasar domestik sangat minim. Proses FGD juga memiliki keterbatasan yang khas, yakni ketergantungan mutlak terhadap keberadaan pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara di sekitar lokasi pabrik, sehingga proses ini tidak dapat berdiri sendiri (standalone) melainkan harus terintegrasi dengan fasilitas pembangkit yang sudah ada. Sebaliknya, proses berbasis batu kapur (CaCO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) memiliki keunggulan signifikan karena kedua bahan baku tersebut merupakan komoditas kimia dasar yang diproduksi secara luas di Indonesia dan tersedia dalam jumlah besar, termasuk di kawasan Tuban dan sekitarnya.

Dari sisi konsumsi energi, proses gipsum rock relatif paling hemat energi karena hanya melibatkan tahap fisik seperti penghancuran dan pengeringan tanpa reaksi kimia. Namun demikian, ketiga proses kimiawi lainnya (batu kapur-asam sulfat, kalsium klorida-asam sulfat, dan FGD) memiliki tingkat konsumsi energi yang relatif setara, yaitu tergolong sedang, karena sama-sama melibatkan tahapan reaksi, pemisahan padat-cair, dan pengeringan produk akhir.

Pada aspek kemurnian produk, proses FGD umumnya menghasilkan gipsum dengan kemurnian tertinggi (sekitar 95%) karena kondisi reaksi yang lebih terkendali pada sistem desulfurisasi. Meski demikian, proses batu kapur-asam sulfat tetap mampu menghasilkan produk dengan kemurnian yang cukup tinggi (91–92%), yang sudah memadai untuk memenuhi spesifikasi gipsum sebagai bahan baku retarder semen maupun papan gipsum sesuai kebutuhan pasar sasaran pabrik ini.

Sementara itu, dari aspek kebutuhan investasi, proses gipsum rock dan FGD umumnya membutuhkan investasi yang lebih besar karena bergantung pada infrastruktur penunjang tertentu, seperti unit penambangan batuan gipsum atau integrasi langsung dengan sistem desulfurisasi PLTU. Proses berbasis kalsium klorida turut memerlukan investasi besar akibat kelangkaan bahan bakunya yang mengharuskan proses tambahan (leaching) untuk memperoleh larutan CaCl_2 . Proses batu kapur-asam sulfat berada pada tingkat investasi menengah, mengingat teknologi reaksi CaCO_3 dan H_2SO_4 tergolong sudah matang (well-established) dan banyak diterapkan secara komersial di industri kimia, sehingga risiko kegagalan proses maupun kebutuhan penyesuaian teknologi khusus dapat diminimalkan.

Berdasarkan uraian perbandingan pada keempat aspek tersebut, proses produksi gipsum dari batu kapur dan asam sulfat dipilih sebagai proses utama pada rancangan pabrik ini. Keputusan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa kedua bahan baku utamanya, yaitu kalsium

karbonat dan asam sulfat, tersedia secara melimpah di sekitar lokasi pabrik yang direncanakan di Kabupaten Tuban, Jawa Timur, masing-masing dipasok oleh PT. Pentawira Agraha Sakti dan PT. Petrokimia Gresik, sehingga kontinuitas pasokan bahan baku dapat terjamin tanpa bergantung pada keberadaan industri lain di sekitarnya. Selain itu, tingkat kemurnian produk yang dihasilkan (91–92%) telah memenuhi standar kebutuhan industri semen dan konstruksi sebagai target pasar utama, kebutuhan energinya tergolong moderat dan dapat dipenuhi melalui utilitas standar pabrik kimia, serta teknologi prosesnya telah terbukti andal pada skala komersial sehingga menekan risiko investasi. Dengan mempertimbangkan seluruh faktor tersebut secara menyeluruh, proses batu kapur dan asam sulfat dinilai sebagai pilihan paling optimal baik dari sisi teknis, ekonomis, maupun keberlanjutan pasokan bahan baku untuk mendukung kapasitas produksi pabrik sebesar 160.000 ton/tahun.