



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan pembangunan di Indonesia pada era globalisasi ini semakin meningkat yang ditandai dengan banyaknya pembangunan fisik, sehingga kebutuhan semen dan bahan bangunan lain juga mengalami peningkatan. Peningkatan kebutuhan industri semen dan bahan bangunan tersebut akan meningkatkan kebutuhan gipsum yang merupakan salah satu bahan dalam pembuatan semen. Selain digunakan dalam industri semen, gipsum juga digunakan sebagai *plaster* dan *wallboard*.

Kebutuhan gipsum di Indonesia dicukupi dengan produksi dalam negeri dan impor dari luar negeri. Produksi gipsum dalam negeri masih belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan gipsum di Indonesia. Oleh karena itu masih diperlukan impor dari luar negeri.

Krisis ekonomi yang menimpa Indonesia sejak tahun 1997, menyebabkan mahalnya harga gipsum dari luar negeri. Kurs Rupiah yang melemah terhadap Dolar Amerika membawa dampak yang besar bagi industri dengan bahan baku yang di impor dari luar negeri. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu didirikan industri gipsum di Indonesia. Dengan pendirian industri gipsum, diharapkan mampu mencukupi kebutuhan gipsum di Indonesia.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dalam melaksanakan proses produksinya, menggunakan batu bara sebagai sumber bahan bakar yang kemudian digunakan untuk memanaskan air yang diubah menjadi steam penggerak turbin listrik. Dalam proses pembakaran batu bara, PLTU akan menghasilkan sejumlah besar gas buang dimana terkandung gas beracun dan berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan. Oleh sebab itu perlu adanya proses recovery gas buang (SO_2) sebagai salah satu bentuk tanggungjawab pihak industri dalam menjaga kelestarian lingkungan.



1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan kapasitas pabrik gypsum. Penentuan kapasitas pabrik gypsum dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Kebutuhan produk di Indonesia

Kebutuhan gypsum diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang. Dalam hal ini erat kaitannya dengan kegunaan gypsum sebagai salah satu bahan baku pembuatan semen untuk kegiatan pembangunan infrastruktur. Sehingga gypsum yang digunakan sebagai bahan baku semen dan industri lainnya akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan gypsum tersebut didapat dari pabrik yang sudah ada maupun impor dari luar negeri.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik gypsum ini adalah pabrik yang memanfaatkan limbah dari pembakaran batu bara di PLTU Paiton yang terletak di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur yang menghasilkan gas yang mengandung gas SO_2 dan CO_2 yang apabila dilepas secara langsung ke lingkungan akan mengakibatkan efek kerusakan lingkungan yang cukup krusial (seperti efek rumah kaca dan pemanasan global), sehingga perlu adanya teknologi yang bisa menginovasi agar gas-gas buang tersebut bisa terproses menjadi produk yang bernilai jual.

Oleh karena itu, dipilih proses desulfurisasi gas buang sebagai alternatif memproduksi gypsum. Sehingga untuk menentukan jumlah kapasitas pabrik yang ingin didirikan, maka disesuaikan dengan jumlah gas buang yang dihasilkan dan lebih dispesifikasikan lagi adalah kapasitas pabrik disesuaikan dengan jumlah kandungan SO_2 yang terkandung dan seberapa besar kemungkinan untuk bisa terkonversi menjadi gypsum.

PLTU Paiton menghasilkan gas buang sebesar 170,7362 kg/jam dengan kandungan SO_2 yaitu 6,9% sehingga diperoleh bahan baku sebesar 1,1781 kg/jam. Maka dari itu pabrik gypsum ini dibangun dengan kapasitas maksimal adalah 25,97 kg per tahun (Anonim). Sehubungan dengan itu maka perlu ditingkatkan



kapasitas pabrik sehingga bisa mengokupasi kapasitas alat proses standar. Sehingga perlu ditingkatkan komposisi gas buang sebagai salah satu bahan baku utama. Langkah yang bisa dilakukan adalah menambah aliran gas SO₂ dengan cara menambahkan gas buang dari pembakaran batu belerang. Sehingga kapasitas menjadi 2.500 ton/tahun.

Di Indonesia, belum ada pabrik yang memproduksi gipsum dengan proses desulfurisasi gas buang PLTU. Sehingga ini merupakan bentuk kajian awal terkait dengan studi kelayakan dan studi ekonomi tentang perancangan pabrik gipsum dengan proses desulfurisasi gas buang PLTU.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu perusahaan sangat penting dalam perancangan pabrik karena hal ini berhubungan langsung dari nilai ekonomis pabrik yang akan dibangun. Pabrik gipsum ini direncanakan akan dibangun di dalam kawasan PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan ekonomis menguntungkan. Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan.

1. Faktor Primer

a. Penyediaan bahan baku

Kriteria pemilihan lokasi didasarkan pada kemudahan dalam mendapatkan bahan baku, karena pabrik ini menggunakan bahan baku gas buang PLTU Paiton, maka lokasi yang ideal adalah di sekitar PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur, sebab akan mudah mendistribusikan gas buang yang dihasilkan serta menghemat biaya distribusi bahan baku.

b. Pemasaran produk

Faktor yang perlu diperhatikan adalah letak wilayah pabrik yang membutuhkan gipsum dan jumlah kebutuhannya. Daerah Probolinggo merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan PT. Semen Gresik sebagai salah satu produsen semen di Indonesia.

c. Sarana transportasi



Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Dengan adanya fasilitas jalan raya dan pelabuhan laut yang memadai, maka pemilihan lokasi di Probolinggo sangat tepat.

d. Tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi. Dan tenaga kerja dapat direkrut daerah Jawa timur, Jawa tengah dan sekitarnya.

e. Penyediaan utilitas

Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik, dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Sebagai suatu kawasan industri yang telah direncanakan dengan baik dan tempat industri berskala besar, Gresik telah mempunyai sarana-sarana pendukung yang memadai.

2. Faktor Sekunder

a. Perluasan areal pabrik

Probolinggo memiliki kemungkinan untuk perluasan pabrik karena masih mempunyai areal yang cukup luas. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan semakin meningkatnya permintaan produk akan menuntut adanya perluasan pabrik.

b. Karakteristik lokasi

Karakteristik lokasi menyangkut iklim di daerah tersebut. Kemungkinan terjadinya banjir, serta kondisi sosial masyarakatnya. Dalam hal ini, Probolinggo sebagai kawasan industri adalah daerah yang telah ditetapkan menjadi daerah industri sehingga pemerintah memberikan kelonggaran hukum untuk mendirikan suatu pabrik di daerah tersebut.

c. Kebijakan pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait di dalamnya, kebijakan pengembangan industri, dan



hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Di samping itu, pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan, artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan sekitarnya.

d. **Kemasyarakatan**

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di Probolinggo dirasa tepat. Berdirinya PLTU Paiton di Kabupaten Probolinggo telah memberikan dampak yang positif bagi masyarakat sekitar. Selama konstruksi pembangunan PLTU Paiton menyerap sekitar 9.500 masyarakat lokal Probolinggo dan saat beroperasi menyerap sekitar 387 masyarakat lokal Probolinggo, sehingga pembangunan PLTU Paiton ini sangat menekan jumlah pengangguran dan kriminalitas di Probolinggo.

Dari pertimbangan faktor-faktor diatas, maka dipilih di daerah Probolinggo, propinsi Jawa timur sebagai lokasi pendirian pabrik gypsum.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Gypsum

Untuk pembuatan gypsum pada dasarnya ada empat proses, yaitu:

1. Pembuatan gips dari *gypsum rock*
2. Pembuatan gips dari batu kapur
3. Pembuatan gips sintesa CaCl_2 dan H_2SO_4
4. Pembuatan gypsum dengan proses desulfurisasi gas buang PLTU

1.4.1.1 Pembuatan Gypsum dari *Gypsum Rock*

Proses pembuatan gypsum dari *rock* yaitu dengan cara menghancurkan batu-batuan gypsum yang telah diperoleh dari daerah pegunungan kapur. Penghancuran batu-batuan ini dengan menggunakan alat *primary crusher* kemudian diayak agar diperoleh batuan yang halus. Setelah diayak sebagian masuk ke *sink float* untuk membersihkan batu-batuan dari kotoran, kemudian



masuk dalam *secondary crusher* agar batu-batuan yang belum halus dapat dihancurkan lagi dan sebagian lagi masuk dalam *fine grinding* untuk digiling menjadi butiran yang halus. Setelah dari *fine grinding* butiran yang halus di *calcining* dan menghasilkan *board plaster*, dan sebagian setelah dikalsinasi masuk ke *ball mill* dan menghasilkan *bagged plaster* (Othmer, Kirk. 1978).

1.4.1.2 Pembuatan Gypsum dari Batu Kapur

Proses pembuatan gypsum jenis ini, yaitu dengan cara memasukkan batu kapur CaCO_3 dalam *rotary klin* sehingga akan terjadi reaksi proses kalsinasi yang akan menghasilkan CaO dan CO_2 . Kemudian CaO yang terbentuk dimasukkan ke dalam *mixing tank* untuk direaksikan dengan air (H_2O) sehingga akan menghasilkan *slurry* $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kemudian *slurry* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dimasukkan dalam reaktor dan ditambahkan H_2SO_4 sehingga akan terjadi reaksi netralisasi. Setelah itu produk dimasukkan dalam *thickener* untuk menghilangkan impuritas. Kemudian dimasukkan dalam *rotay dryer* untuk mengurangi kadar air, untuk mendapatkan *gypsum* yang seragam ukurannya digunakan *ballmill* (Othmer, Kirk. 1978).

1.4.1.3 Pembuatan Gypsum dari CaCl_2 dan H_2SO_4

Mula-mula bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor dengan ditambahkan H_2SO_4 sehingga terjadi reaksi netralisasi dan akan terbentuk CaSO_4 dan HCl yang terbentuk dipisahkan dengan absorber. Kemudian produk dimasukkan ke dalam evaporator untuk mengurangi kandungan air, setelah itu masuk ke *crystallizer* sehingga akan terbentuk kristal. Setelah itu masuk ke *centrifugal* dan kristal yang keluar dari *centrifugal* dimasukkan dalam *rotary dryer*, lalu didinginkan dalam *rotary cooler* sehingga akan terbentuk gypsum (Othmer, Kirk. 1978).

1.4.1.4 Pembuatan Gypsum dengan Proses Desulfurisasi Gas Buang PLTU



Pembakaran sejumlah batu bara yang biasa dilakukan oleh PLTU, akan menghasilkan gas-gas buang yang membahayakan dan berdampak negatif bagi lingkungan jika dibuang langsung ke lingkungan. Gas-gas yang berbahaya itu antara lain adalah gas CO_x dan gas SO_x yang merupakan penyebab utama peristiwa pemanasan global. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka, gas-gas tersebut dapat diolah kembali dengan penambahan bahan-bahan kimia yang lain sehingga membentuk suatu produk yang juga bernilai ekonomi.

Gas SO_x yang dihasilkan di dalam proses pembakaran batu bara PLTU akan diinjeksikan ke dalam reaktor absorber pada bagian bawah absorber dan akan dikontakkan dengan larutan $Ca(OH)_2$ yang juga diinjeksikan di dalam absorber lewat bagian menara atas. Di dalam absorber akan terjadi reaksi kimia dan mekanisme difusi gas SO_x masuk ke dalam larutan $Ca(OH)_2$ dan akan membentuk *slurry* $CaSO_4$ dan selanjutnya akan membentuk gipsum, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ setelah melewati proses pengeringan (Fernandez, dkk. 1997)

Sebelum menentukan pilihan proses yang tepat perlu adanya studi perbandingan dari beberapa proses alternatif baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

Tabel 1 Pemilihan Proses Berdasarkan Aspek Teknis dan Ekonomi

No	Parameter	Proses I ^{a)}	Proses II ^{a)}	Proses III ^{a)}	Proses IV ^{b)}
1	Aspek teknis <ul style="list-style-type: none">• Bahan baku• Konsumsi energi• Kemurnian produk• Persediaan bahan baku	<i>Gypsum rock</i> Sedikit Tergantung bahan baku Terbatas jumlahnya	$CaCO_3$ dan H_2SO_4 Sedang Kadar 91% Berlimpah dan mudah didapat	$CaCl_2$ dan H_2SO_4 Sedang Kadar 90% Sangat sedikit	CaO dan gas buang Sedikit Kadar 98% Besar dan mudah



2	Aspek ekonomi • Investasi	Besar	Sedang	Besar	Sedang
---	------------------------------	-------	--------	-------	--------

a) Othmer, Kirik. 1979

b) Fernandez, dkk. 1997

Dari Tabel 1 di atas maka yang paling baik dan efisien dari segi teknis dan ekonomis adalah perencanaan pendirian pabrik gypsum dengan proses keempat karena bahan baku yang digunakan mudah didapat dan berwawasan lingkungan.

1.4.2 Kegunaan Produk

Gypsum adalah bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam berbagai jenis industri. Adapun kegunaan gypsum dalam dunia industri adalah sebagai berikut (Othmer, Kirik. 1979):

- Sebagai bahan pembantu pembuatan semen, yaitu sebagai bahan untuk memperlambat pengerasan pada semen.
- Pada bidang kedokteran dan farmasi, digunakan sebagai bahan plester.
- Pada industri cat, digunakan sebagai bahan pengisi dan campuran cat putih.
- Pada industri keramik, digunakan sebagai bahan pengisi.
- Pada industri elektronika, digunakan sebagai bahan pembuatan komponen-komponen elektronika.

1.4.3 Sifat-sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Bahan baku

- Batu Gamping



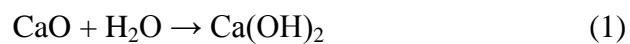
1. Sifat Fisik

- Rumus Molekul : CaO
- Berat molekul : 56,08 g/gmol
- Wujud : Padat
- Warna : Putih
- Spesifik gravity : 3,33
- Densitas : 3,6 gr/cm³
- Titik didih : 2.850°C (1 atm)
- Titik lebur : 2.572°C (1 atm)
- Kemurnian : 96%
- Impuritas : 4%

2. Sifat Kimia

- Membentuk kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) jika bereaksi dengan air

Kalsium oksida (CaO) dapat bereaksi dengan air membentuk Ca(OH)₂ dan menghasilkan panas reaksi



- Membentuk kalsium sulfat (CaSO₄) jika bereaksi dengan sulfur dioksida (SO₂)



b. Gas Buang

1. Sifat Fisik

- Rumus Molekul : SO₂
- Berat molekul : 64,06 kg/kmol
- Wujud : Gas
- Titik didih : -10°C (1 atm)
- Titik lebur : -75,9°C
- Densitas : 2,93 g/L



2. Sifat Kimia

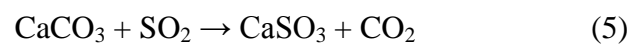
- Pada suhu 1200°C, SO₂ terurai menurut reaksi:



O₂ yang terbentuk akan bereaksi dengan SO₂ membentuk SO₃, dengan reaksi



- Jika bereaksi dengan CaCO₃ membentuk kalsium sulfat dan karbon dioksida



1.4.3.2. Bahan Pembantu

a. Air

- Rumus molekul : H₂O
- Berat molekul : 18 g/gmol
- Wujud : cair
- *Specific gravity* : 1,00
- Titik didih : 100°C
- Densitas : 0,958 g/ml
- Viskositas : 0,284 kg/m.s
- Merupakan zat cair yang bersifat melarutkan
- Merupakan zat cair jernih tidak berwarna

b. Udara

- Komposisi : 79,1% N₂
20,9 % O₂
- Titik Didih : -194°C
- Densitas : 1,18 kg/m³ (pada 25°C)
- Viskositas : 0,018 cP (pada 20°C)

1.4.3.3 Produk



1. Sifat Fisik

- Rumus molekul : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Berat molekul : 145,15 gr/mol
- Wujud : serbuk berwarna putih
- Kemurnian : 98%
- Impuritas : 2%
- Titik Lebur : 163°C

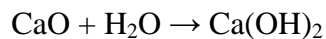
2. Sifat Kimia

Gypsum mengalami pelepasan air hidrat jika mengalami pemanasan



1.4.4 Tinjauan Proses secara Umum

Reaksi pembuatan gypsum dari batuan gamping (CaO), gas buang (SO_2) dan udara, dimana pembuatan gypsum ini terjadi dalam 2 kali reaksi, yaitu reaksi pelarutan batu kapur:



dan reaksi absorpsi Ca(OH)_2 dengan gas SO_2 yang terkandung di dalam gas buang sekaligus reaksi oksidasi reaksi dengan gas O_2 yang terkandung di dalam udara yang dinyatakan dengan reaksi:



Reaksi ini berjalan secara non-isothermal pada suhu 50°C dan tekanan 1,1 atm. Untuk membentuk *gypsum dihydrate* maka dilakukan pemanasan pada suhu di atas 150°C (Fernandez, dkk. 1997)