

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan suatu bangsa dapat dilihat dari perkembangan industri di Negara itu sendiri. Dimasa seperti ini sektor industri diharapkan mampu menjadi penggerak dan penopang perekonomian, diantaranya adalah industri kimia yang menghasilkan produk jadi maupun produk yang dapat diolah lebih lanjut, dikarenakan semakin besar kebutuhan masyarakat, salah satunya kebutuhan akan magnesium sulfat heptahidrat atau sering disebut garam Epsom yang semakin meningkat. Di indonesia isu mengenai impor garam menjadi permasalahan yang sangat serius saat ini, sesuai dengan apa yang disampaikan oleh Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Darmin Nasution dalam kompas.com,2018 bahwa impor garam industri tahun 2018 sebanyak 3,7 juta ton.

Magnesium sulfat merupakan senyawa garam anorganik yang mengandung mineral magnesium, dan senyawa sulfur. Magnesium sulfat heptahidrat dapat dibuat dari magnesium karbonat ($MgCO_3$) atau magnesium oksida (MgO), tetapi biasanya magnesium sulfat terdapat di alam, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ nama IUPAC-nya sedangkan nama lainnya atau sering disebut garam inggris, garam Epsom (heptahidrat), atau garam pahit (*bitter salts*).

Dengan bertambah banyak industri-industri kimia di Indonesia, terutama industri-industri yang berbahan dari plastik, tekstil, pupuk dan farmasi maka dapat dipastikan akan kebutuhan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ sebagai salah satu bahan industri tekstil (*conditioning agent*), industri plastik (*coagulant agent*), bahan campuran industri pupuk dan farmasi akan semakin meningkat. Sehingga penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik magnesium sulfat di Indonesia, untuk membantu menyediakan bahan dalam industri-industri tersebut serta diharapkan juga dapat menjadi komoditi ekspor.

Mengingat bahwa garam Epsom memiliki banyak manfaat, diantaranya produk ini berlaku untuk digunakan dalam pupuk, industri kimia, tekstil dan kulit, obat-obatan dll.

1.2 Penentuan Kapasitas

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan ekonomi maupun teknis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksi maka keuntungan yang didapat juga semakin besar. Tetapi ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas, antara lain ketersediaan bahan baku dan kebutuhan pasar.

1.2.1 Analisa Pasar

Analisa pasar dalam membangun suatu pabrik sangat diperlukan untuk memenuhi permintaan atau kebutuhan pasar. Hal-hal yang melatar belakangi pemilihan kapasitas produksi yaitu sebagai berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi Magnesium sulfat heptahidrat adalah Magnesium karbonat ($MgCO_3$) yang terdapat dalam Dolomit dan Asam sulfat (H_2SO_4). Dolomit yang digunakan sebagai bahan baku diperoleh dari PT. Anugrah Dolomit Lestari (ADL) dengan kapasitas 100.000 ton/tahun, sedangkan untuk kebutuhan asam sulfat (H_2SO_4) didapat dari PT. Graha Jaya Pratama Kinerja.

2. Kebutuhan Produk

Kebutuhan industri-industri kimia terhadap ketersediaan Magnesium sulfat heptahidrat diperkirakan akan semakin meningkat dengan tidak adanya industri dalam negeri yang memproduksi Magnesium sulfat heptahidrat. Selama ini Indonesia masih impor dari China dan Jerman.

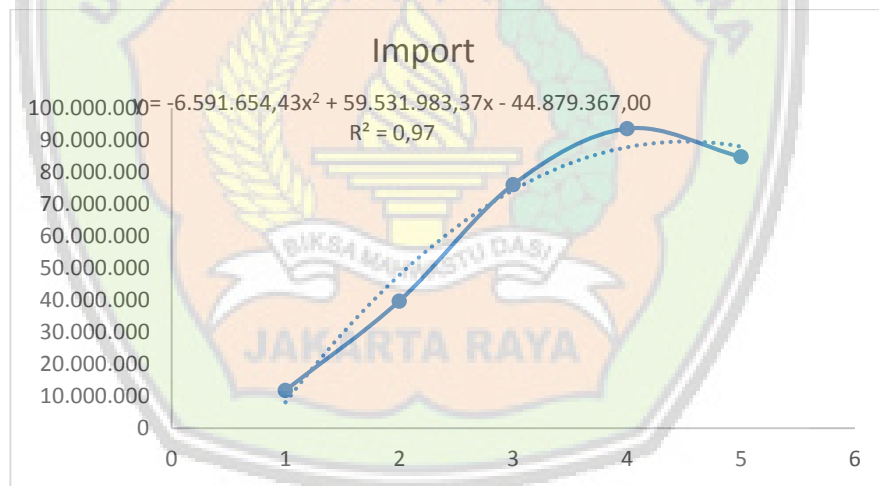
1.2.2 Kapasitas produksi

Berdasarkan data impor $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dilakukan proyeksi menggunakan regresi polinomial, didapat persamaan $y = -6,591,654.43x^2 + 59,531,983.37x - 44,879,367.00$.

Tabel 1.2 Data impor magnesium sulfat di Indonesia tahun 2012-2016

Tahun	Import (ton)
2012	11.826,325
2013	39.716,723
2014	76.104,462
2015	93.599,653
2016	84.834,949

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017)



$$= -6,591,654.43 \times 5^2 + 59,531,983.37 \times 5 - 44,879,367.00$$

$$= 177.747,923 \text{ kg}$$

$$= \frac{177.747,923}{1000}$$

$$= 177.747 \text{ ton}$$

Maka didapat kebutuhan $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ untuk lima tahun kedepan (2021) adalah sebesar 180.000 Ton. Dari prediksi tersebut dapat ditetapkan bahwa kapasitas produksi untuk mendirikan pabrik di Indonesia sebesar 180.000 Ton.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik akan menentukan kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya. Pabrik Magnesium Sulfat dengan kapasitas 180.000 ton/tahun berencana akan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Faktor-faktor yang mendukung untuk mempertimbangkan lokasi pemilihan pabrik, antara lain (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal 91-95) :

a) Penyediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan bagian yang penting dalam mempertimbangkan lokasi pendirian pabrik. Hal ini mempengaruhi biaya yang dibutuhkan untuk transportasi dari lokasi berdirinya pabrik dengan sumber bahan baku, serta besar atau kecilnya ruang penyimpanan bahan baku. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan ketersediaan bahan baku antara lain, harga bahan baku yang digunakan, biaya pengiriman atau transportasi, ketersediaan pasokan bahan baku, serta persyaratan penyimpanan. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut maka lokasi yang cocok untuk mendirikan pabrik magnesium sulfat heptahidrat berada di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Lokasi ini kami pilih karena berada diantara 2 sumber bahan baku utama untuk memproduksi magnesium sulfat heptahidrat yaitu Asam Sulfat (H_2SO_4) disuplai dari PT. Gresik Cipta sejahtera sedangkan dolomit dari PT. Anugrah Dolomit Lestari yang berlokasi di Gresik Jawa Timur.

b) Utilitas

Utilitas dibutuhkan sebagai sarana pendukung untuk kelancaran operasional, seperti keperluan listrik, air, dan bahan bakar. Untuk kebutuhan listrik didapat dari PLN setempat dan dari generator

pembangkit. Kebutuhan air didapat dari sungai Brantas di Gresik, bahan bakar dapat diperoleh dari Pertamina.

c) Tenaga Kerja (SDM)

Ketersediaan tenaga kerja berdasarkan kualifikasi merupakan pertimbangan yang sangat penting, oleh sebab itu dibutuhkan tenaga kerja yang berkualitas serta ahli dalam proses produksi secara keseluruhan. Selain itu tenaga kerja pendukung juga diperlukan dalam proses produksi diperindustrian, namun dapat terpenuhi dari masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi pabrik. Hal ini berdampak pada terciptanya lapangan kerja baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran.

d) Iklim dan Letak Geografis

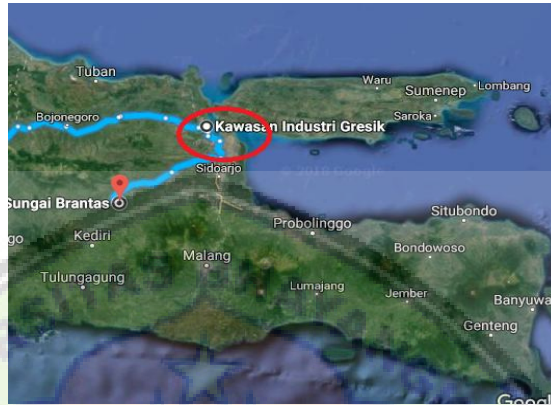
Gresik merupakan daerah yang memiliki iklim stabil, temperature udara tidak mengalami penurunan maupun kenaikan yang cukup signifikan dimana temperature udara diantara 25-30⁰C dan tekanan udara pada 1 atm, tanah tidak rawan terhadap longsor, banjir maupun gempa sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar.

e) Sarana Transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelancaran proses produksi dari suatu pabrik. Hal tersebut perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi pendirian pabrik karena kelancaran pengadaan bahan baku maupun pendistribusian produk berhubungan dengan pengadaan jumlah alat transportasi dan jenis transportasi yang dipilih. Pemilihan lokasi untuk mendirikan pabrik Magnesium Sulfat berdasarkan pada beberapa hal seperti jarak pabrik dengan sumber bahan baku dan adanya sarana transportasi yang lengkap.

f) Pemasaran

Pemasaran produk untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terpenuhi, terutama kota gresik merupakan kawasan industri dan dekat dengan pabrik kertas yang membutuhkan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.



Gambar 1.3 lokasi pendirian pabrik

1.3.1 Kebutuhan Produk

Berikut ini keuntungan dari didirikannya pabrik $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ diantaranya :

1. Membantu memenuhi kebutuhan akan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ di Indonesia.
2. Menambah pendapatan Negara dengan adanya pajak.
3. Adanya proses yang membutuhkan ahli yang dapat memberikan motivasi pada tenaga kerja
4. Membuka lapangan kerja baru dan mengurangi pengangguran
5. Pemerataan pembangunan di Indonesia agar bisa menjadi Negara maju.

Kegunaan produk

Kegunaan dari magnesium sulfat heptahidrat antara lain (Looky, 2018)

1. Dalam industri karet dan plastik digunakan sebagai *coagulant agent*.
2. Dalam industri pupuk digunakan sebagai campuran untuk pakan ternak, seperti sapi perah.
3. Pada industri tekstil digunakan sebagai *conditioning agent*.
4. Sebagai pembantu dalam industri kertas.

5. Sebagai campuran bahan kosmetik karna magnesium sulfat mudah diserap kedalam kulit dan mengurangi peradangan.
6. Digunakan sebagai koagulan industri tahu.
7. Dalam industry farmasi sebagai sediaan gel untuk aplikasi topical dalam mengobati rasa sakit dan nyeri, sebagai bahan campuran obat .

1.4 Tinjauan Pustaka

Magnesium sulfat dengan rumus kimia $MgSO_4$ termasuk jenis garam, dimana setiap jenis ini memiliki fungsi tertentu. Hal ini ditentukan pada hidrat yang dimiliki, berikut ini jenis magnesium sulfat berdasarkan kandungan hidratnya dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.3. Jenis magnesium sulfat berdasarkan kandungan Hydrat

No	Hydrat	Nama Mineral	Rumus Bangun
1	Monohydrate	Kieserit	$MgSO_4.H_2O$
2	Tetrahydrate	Starkeyite	$MgSO_4.4H_2O$
3	Pentahydrate	Pentahydrate	$MgSO_4.5H_2O$
4	Hexahydrate	Hexahydrate	$MgSO_4.6H_2O$
5	Heptahydrate	Epsomite	$MgSO_4.7H_2O$

(Sumber : freepatentsonline, 2017)

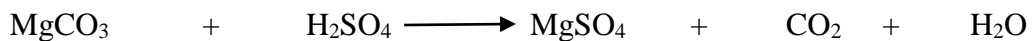
Garam Epsom merupakan jenis magnesium sulfat yang dianggap sangat potensial, dapat dilihat dari kegunaan garam Epsom pada industri seperti : industri tekstil (pewarna aniline), industri pupuk, farmasi larutan garam Epsom digunakan sebagai pertolongan pertama pada keracunan barium klorida.

1.4.1 Pemilihan Proses

Pembuatan magnesium sulfat mempunyai rangkaian proses yang relatif sederhana, teknologi proses yang dipakai dewasa ini memberikan dua alternatif proses, yaitu:

Proses I

Reaksi:



Magnesium karbonat direaksikan dengan H_2SO_4 di dalam reaktor pada kondisi operasi suhu 70°C dan tekanan 1 atm, maka terbentuk *slurry* MgSO_4 . *Slurry* yang terbentuk diteruskan ke dalam *filter* untuk menghilangkan impuritas sebelum dimasukkan ke dalam *evaporator* dipekatkan untuk pembentukan kristal $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. (Kirk & Othmer, 1997)

Proses II

Langbeinite ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$) diuraikan menjadi $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Proses ini menggunakan air panas suhu $50\text{-}60^\circ\text{C}$ selama 6 jam. Larutan yang terbentuk kemudian dikristalkan pada suhu $20\text{-}35^\circ\text{C}$. (Ulmann's, 1989)

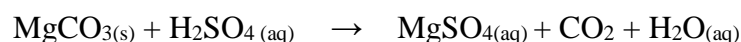
Dari beberapa faktor di atas dapat diambil kesimpulan bahwa proses yang dipilih adalah proses 1, dengan pertimbangan:

1. Bahan baku yang digunakan lebih mudah dan murah untuk mendapatkannya.
2. Proses yang dijalankan lebih aman dan sederhana sehingga dapat menekan biaya pengadaan alat operasi dan pemeliharaannya lebih mudah.

1.4.2 Kinetika Reaksi

Reaksi antara magnesium karbonat dan asam sulfat akan menghasilkan magnesium sulfat dalam bentuk larutan. Reaksi dalam fase cair dimana asam sulfat larut dalam air dan magnesium karbonat sedikit larut dalam air.

Dimana reaksinya adalah:



persamaan reaksi orde 2 dinyatakan dengan persamaan kecepatan reaksi :

$$r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$K = 173.209 \text{ m}^3/\text{kmol} \cdot \text{jam}$$

dengan :

- r_A = kecepatan reaksi, kmol/ m³.jam
 C_A = konsentrasi magnesium oksida, kmol/ m³
 C_B = konsentrasi asam sulfat, kmol/ m³

konversi sebesar 98% dan membutuhkan waktu tinggal selama 3 jam, dengan konstanta kecepatan reaksi sebesar 173,209 m³/kmol.jam dan konversi sebesar 98%. (US Patent No. US 4264570, 1981)

1.4.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi selama proses berlangsung. Besar kecilnya panas reaksi (ΔH) menentukan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan. ΔH bernilai (+) atau eksotermis menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses reaksi berlangsung, sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) atau endotermis menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk keberlangsungan reaksi.

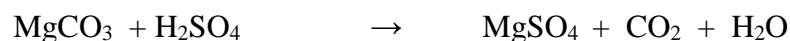
Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat diketahui dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $p = 1$ atm dan $T = 298$ K. Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1.4. Nilai ΔH_f° komponen

Komponen	ΔH_f (kal/mol)	ΔG_f (kal/mol)
MgCO ₃	-261.7	-1128.84
H ₂ SO ₄	-193.69	-2887.4519
MgSO ₄	-304.94	-227.7
CO ₂	-94.052	-394.359
H ₂ O	-57.7979	-56.6899

(Perrys, 1997) & (Reklaitis, 1983)

Pada proses pembentukan terjadi reaksi sebagai berikut :



Konversi 1 KJ = 0,2390 kkal

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ 298K &= \Delta H_f^\circ \text{reaktan} - \Delta H_f^\circ \text{produk} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{MgCO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4) - (\Delta H_f^\circ \text{MgSO}_4 + \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) \\ &= (-261.7 + -193,69) - (-304,94 + -94.052 + -57.7979) \\ &= -455.39 - (-456.7899) \\ &= \underline{1.3999 \text{ kcal/mol}} \\ &\quad 0,2390 \\ &= 5.8573 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

a. Panas reaksi standar (ΔH_r°)

$$\begin{aligned}\Delta H_r^\circ 298K &= \Delta H_r^\circ \text{produk} - \Delta H_r^\circ \text{reaktan} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{MgSO}_4 + \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - \\ &\quad (\Delta H_f^\circ \text{MgCO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= (-304,94 + -94.052 + -57.7979) - (-261.7 + -193,69) \\ &= -456.7899 - (-455.39) \\ &= \underline{-1.3999 \text{ kcal/mol}} \\ &\quad 0,2390 \\ &= -5,8573 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

b. Konstanta kesetimbangan (K) pada keadaan standar

$$\Delta G_f^\circ = -RT \ln K$$

Dimana :

ΔG_f° = Energi Gibbs pada keadaan standar (T = 298 K, $\rho = 1 \text{ atm}$), j/mol

ΔH_r° = Panas reaksi J/mol

K = Konstanta keseimbangan

T = Suhu standar = 298 K

R = Tetapan gas ideal = 8,314 J/mol.K

(S.K Dogra & S. Dogra,
1990)

Sehingga ΔG_f° dari reaksi tersebut adalah :

$$\Delta G_f^\circ = \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}
&= (\Delta G_f^\circ \text{MgSO}_4 + \Delta G_f^\circ \text{CO}_2 + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^\circ \text{MgCO}_3 + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4) \\
&= (-227.7 + -394.359 + -56.6899) - (-1128.84 + -2887.4519) \\
&= -678.7489 - (-4016.2919) \\
&= \underline{3337.543 \text{ kcal/mol}} \\
&\quad 0,2390 \\
&= 13.964,6150 \text{ J/mol}
\end{aligned}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{13.964,6150 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \cdot 298\text{K}} = -5,6364$$

$$K_{298} = 3,5656 \times 10^{-3}$$

c. Konstanta kesetimbangan (K) pada $T=70^\circ\text{C} = 343\text{K}$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H_r^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Dimana :

- K_1 = konstanta kesetimbangan pada 298 K
- K_2 = konstanta kesetimbangan pada suhu operasi
- T_2 = suhu standar ($25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$)
- T_1 = suhu operasi ($70^\circ\text{C} = 343 \text{ K}$)
- R = tetapan gas ideal = $8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
- ΔH_r° = panas reaksi standar pada 298 K

$$\ln \frac{K_2}{3,5656 \cdot 10^{-3}} = \frac{-(-5,8573) \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K}} \left(\frac{1}{343} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{k_2}{3,5656 \cdot 10^{-3}} = -0,00753$$

$$\begin{aligned}
0,9925 &= \frac{k_2}{3,5656 \cdot 10^{-3}} \\
&= 3,5388 \cdot 10^{-3}
\end{aligned}$$

$$K_2 = 3,5388 \cdot 10^{-3}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan besar, maka reaksi kekanan dianggap irreversible.