



---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Macam-macam Proses

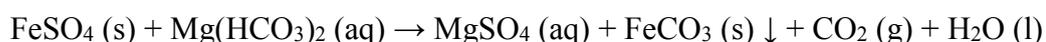
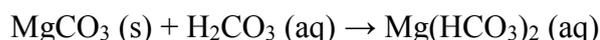
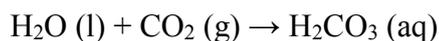
Industri pembuatan magnesium sulfat memiliki beberapa jenis proses. Berikut jenis proses pembuatan magnesium sulfat, antara lain:

1. Metode pertukaran ion sulfat-karbonat berbantuan  $\text{CO}_2$  (*CO<sub>2</sub>-assisted sulfation method*)
2. Metode sintesis basah (*wet synthesis of magnesium sulfate*)

##### II.1.1 Metode Pertukaran Ion Sulfat-Karbonat berbantuan $\text{CO}_2$ (*CO<sub>2</sub>-Assisted Sulfation Method*)

Metode pertukaran ion sulfat-karbonat berbantuan  $\text{CO}_2$  merupakan metode untuk memproduksi magnesium sulfat dengan menginteraksikan *ferrous sulfate* dengan senyawa magnesium dalam medium air. Senyawa magnesium yang dipilih salah satu dari magnesium karbonat, magnesium oksida, atau magnesium hidroksida. Baik senyawa magnesium maupun senyawa *ferrous sulfate* merupakan komponen padat dari suspensi. Gas  $\text{CO}_2$  dilewatkan ke dalam suspensi sambil mempertahankan suspensi pada suhu  $0\text{-}25^\circ\text{C}$  selama jangka waktu 10 jam. Pemanasan tambahan suspensi pada suhu  $80\text{-}100^\circ\text{C}$  sehingga membentuk endapan dan cairan supernatan. Memisahkan endapan yang terbentuk dari cairan supernatan. Kemudian penguapan air dari cairan supernatant untuk menghasilkan produk magnesium sulfat.

Kehadiran gas  $\text{CO}_2$  memungkinkan reaksi antara *ferrous sulfate* dan magnesium berlangsung dalam medium air. Adanya karbon dioksida memungkinkan penyelesaian dari reaksi *ferrous sulfate* dan magnesit dalam 3 jam dengan tingkat konversi sebesar 98%. Reaksi yang terjadi:



Karbon dioksida larut dalam air membantu asam karbonat. Asam karbonat bereaksi dengan magnesium karbonat menghasilkan magnesium bikarbonat yang



larut dalam air. Ion magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) yang larut bertemu dengan ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dari  $\text{FeSO}_4$ , terbentuk magnesium sulfat yang tetap larut dalam air. Besi karbonat yang mengendap sebagai larutan. Asam karbonat yang terurai menjadi gas karbon dioksida dan air.

(Sokolov et al, 1981 United States Patent – 4264570)

### II.1.2 Metode Sintesis Basah (Wet Synthesis of Magnesium Sulfate)

Metode sintesis basah (*wet synthesis of magnesium sulfate*) merupakan metode untuk memproduksi magnesium sulfat terutama magnesium sulfat heptahidrat (garam epsom  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Berbasis reaksi kimia padat-cair dari senyawa magnesium, seperti magnesium karbonat, magnesium oksida, dan magnesium hidroksida direaksikan dengan asam sulfat.

Mereaksikan magnesium karbonat dengan larutan asam sulfat encer. Hasilnya berupa suspensi yang harus dipisahkan filtrat dan endapannya. Kemudian penguapan air dari filtrat untuk mendapatkan produk magnesium sulfat pekat yang kemudian dikristalkan untuk menghasilkan produk magnesium sulfat. Reaksi yang terjadi:



Magnesium karbonat direaksikan dengan asam sulfat menghasilkan magnesium sulfat dalam larutan, gas karbon dioksida, dan air. Gelembung gas karbon dioksida biasanya terlihat saat reaksi berlangsung. Proses ini dimanfaatkan secara industri karena pelepasan karbon dioksida bisa dilepas dengan mudah.

(Demosthenous et al, 2015 United States Patent – 9073797 B2)



## II.2 Perbandingan Proses

Berikut perbandingan dari kedua proses pembuatan magnesium sulfat terdapat dalam tabel berikut:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat

<b>Parameter</b>	<b><i>CO<sub>2</sub>-Assisted Sulfation Method</i></b>	<b><i>Wet Synthesis of Magnesium Sulfate Method</i></b>
Bahan baku utama	Magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ), <i>ferrous sulfate</i> ( $FeSO_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) sebagai pembantu reaksi	Magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ )
Kondisi operasi (T, P)	T = 80-100°C P = 1 atm CO <sub>2</sub> dialirkan untuk memungkinkan reaksi pada medium air	T = 30-100°C P = 1 atm
Proses	Proses cukup kompleks dan membutuhkan suplai gas karbon dioksida	Proses sangat umum digunakan di industry
Kelemahan	Tahap pemisahan besi untuk mencapai kemurnian tinggi Harus ada suplai gas CO <sub>2</sub>	Membutuhkan pasokan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dalam jumlah besar
Kelebihan	Dapat memakai hasil samping industri besi/baja untuk bahan FeSO <sub>4</sub>	Reaksi asam-basa langsung dan tidak memerlukan gas bantu Sudah umum di industri dan peralatan tersedia



Berdasarkan perbandingan metode tersebut dipilih *wet synthesis of magnesium sulfate method* pada pembuatan magnesium sulfat. Pemilihan proses tersebut dipilih dengan mempertimbangkan alasan, diantaranya:

1. Reaksi antara senyawa magnesium karbonat dan asam sulfat berlangsung tanpa memerlukan gas karbon dioksida
2. Proses lebih sederhana, tanpa control gas yang rumit
3. Sudah mapan di industri dan peralatan umum tersedia

### III.3 Uraian Proses

Pada proses pembuatan magnesium sulfat dari magnesium karbonat dan asam sulfat terbagi menjadi 3 tahap, diantaranya:

#### 1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang diperoleh dari PT. Petro Jordan Abadi dengan konsentrasi 98,5% akan disimpan di dalam tangki penampung (F-150) pada suhu  $30^\circ C$  dengan tekanan 1 atm. Asam sulfat selanjutnya diencerkan hingga konsentrasi sebesar 22% di dalam tangki pengenceran (M – 160) pada suhu  $30^\circ C$  dengan tekanan 1 atm. Bahan baku magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ) diperoleh dari supplier PT. Mitra Tsalasa Jaya dengan ukuran 80 mesh ( $\sim 74 \mu m$ ) disimpan di dalam gudang penyimpanan magnesium karbonat (F – 110). Magnesium karbonat ditransportasikan melalui *screw conveyor* (J – 120) dilanjutkan ke *bucket elevator* (J- 130) menuju hopper (F – 140) untuk dialirkan menuju reaktor (R – 210).

#### 2. Reaksi Utama

Asam sulfat yang telah diencerkan menjadi 22% dialirkan dari tangki (M – 160) pengencer menuju reaktor (R – 210). Setelah itu, magnesium karbonat dimasukkan bersamaan dengan asam sulfat dan terjadi reaksi di dalam reaktor.

Reaksi yang terjadi:



Reaksi tersebut menghasilkan gas  $CO_2$  sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis yaitu reaksi pelepasan panas. Waktu reaksi



berlangsung selama 3 jam dengan konversi sebesar 98%. Jenis reaktor yang dipakai yaitu CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) dengan sistem terbuka sebagian (*vent gas*). Tangki jenis ini dipilih karena dapat mencegah kenaikan tekanan akibat gas  $\text{CO}_2$  sekaligus menjaga agar sistem tidak sepenuhnya terbuka.

### 3. Pemurnian dan Pemekatan Produk

Hasil yang didapatkan dari reaktor berupa suspensi dari magnesium sulfat dan zat pengotor berupa kalsium oksida dan silikon dioksida. Untuk memisahkan magnesium sulfat dari zat pengotor menggunakan alat *Rotary Drum Vacuum Filter* (H – 220) sebagai alat pemisah padatan dalam cairan. Filtrat yang sudah dipisahkan dari zat pengotor dialirkan menuju evaporator (V – 310). Evaporator berfungsi memekatkan kadar magnesium sulfat dengan cara mengurangi kandungan air (mengentalkan larutan) dengan penguapan air dalam produk magnesium sulfat. Pemekatan dilakukan dari 25,51% hingga 40,57%. Besar pemekatan magnesium sulfat didasarkan pada kelarutan magnesium sulfat dalam air pada suhu  $100^\circ\text{C}$ . Pada evaporator digunakan kondisi operasi pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Kondensat (produk atas) berupa uap air yang terkondensasi akan dialirkan menuju pipa WWT (*Waste Water Treatment*). Sementara larutan jenuh magnesium sulfat dapat langsung dikristalisasi menjadi magnesium sulfat heptahidrat  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (*epsom salt*). Kristalisasi dilakukan dengan pendinginan perlahan menggunakan *cooling water* tanpa kontak langsung dengan kristal pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm menggunakan swenson walker crystallizer (R – 410). Kristal magnesium sulfat heptahidrat yang terbentuk dari *crystallizer* masih mengandung air. Untuk memisahkan kristal dengan air yang menempel, menggunakan *centrifuge* (H – 420). *Centrifuge* digunakan untuk memisahkan antara zat padat dan cair sehingga didapatkan kristal padat dan zat cair berupa *mother liquor* yang akan di-*recycle* di evaporator. Kristal yang dihasilkan kemudian dikeringkan menggunakan *rotary dryer* (B – 510). *Rotary dryer*



digunakan untuk menguapkan kadar air pada permukaan kristal. Proses pengeringan ini menggunakan udara panas kering yang diserap menggunakan *blower* (B – 520) kemudian udara tersebut dialirkan melalui *molecular sieve* (S – 530) untuk menyerap kandungan air di dalam udara sehingga didapatkan udara kering dan selanjutnya dipanaskan menggunakan *heater*. Setelah dikeringkan, kristal akan diturunkan terlebih dahulu suhunya sebelum dilakukan penyeragaman ukuran di *ball mill* (C - 580). Kristal didinginkan menggunakan *screw cooling conveyor* (J – 550). Kristal magnesium sulfat heptahidrat keluaran dari *screw cooling conveyor* memiliki suhu  $30^\circ\text{C}$ . Kemudian kristal magnesium sulfat heptahidrat akan disalurkan menggunakan *bucket elevator* (J – 570) menuju *ball mill* untuk menyeragamkan ukuran produk kristal magnesium sulfat heptahidrat. Setelah ukurannya seragam, langkah terakhir kristal magnesium sulfat heptahidrat dimasukkan ke dalam silo penyimpanan (F – 590).