

LAPORAN SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT HEPTAHIDRAT
DARI MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh :

Aprilia Nur Indah Sari 20150270D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2020



LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT HEPTAHIDRAT
DARI MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

Aprilia Nur Indah Sari 21150270D

Telah disetujui oleh Pembimbing

Pada tanggal 29 JANUARI 2020

Pembimbing I

Dr. Supriyono, S.T., M.T

NIS. 01199508011049

Pembimbing II

Gregorius Prima Indra, B., S.T., M.Eng

NIS. 01201407261183

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng

NIS. 01201407261183

Aprilia Nur Indah Sari

21150270D

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT HEPTAHYDRAT
DARI MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

APRILIA NUR INDAH SARI

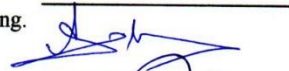
21150270D

Telah dipertahankan dalam ujian laporan pada tanggal 7 FEBRUARI 2020

Penguji 1. Ir. Petrus Darmawan, S.T., M.T



2. Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.



3. Gregorius Prima Indra Budianto,
S.T., M.Eng.



4. Dr. Supriyono, S.T., M.T




Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Suseno, M.Si
NIS 01199408011044



Gregorius Prima Indra B. S.T., M.Eng
NIS. 01201407261183

Aprilia Nur Indah Sari

21150270D

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ☞ Setiap permasalahan beriringan dengan jalan keluar
- ☞ “Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah SWT beserta orang-orang yang sabar” – Al-Baqarah : 6-8
- ☞ Bangun dan wujudkan mimpi Anda atau orang lain akan mempekerjakan Anda untuk membangun mimpi mereka (Farrah Gray)
- ☞ Ya Allah aku memohon kepada-Mu sebuah akhir yang baik
- ♥ **Terima kasihku untuk.....**

Allah SWT

segala puji syukur kupanjatkan hanya kepada-Mu. (...Atas segala tuntunanNya dan bersyukur aku menjadi hamba-Mu... semoga kami selalu terjaga dalam berkat-Mu...).

Ibu dan Bapak tercinta

Terimakasih untuk semua kasih sayang, perjuangan dan motivasi yang begitu besar selama ini. Terimakasih untuk do'a yang selalu engkau panjatkan disetiap selesai sholat mu. Engkau adalah motivator terhebat dalam hidupku

Pak Supriyono dan Pak Indra

Terima kasih atas bimbingannya selama ini...baik untuk akademis maupun tugas akhir ini

Pak Petrus, Pak Argoto, Bu Dewi, Pak Dion, Pak Narimo dan semua Dosen Tekkim USB.

Terimakasih atas masukan-masukannya, atas ilmu yang kalian berikan selama kuliah, atas kesediaan waktu untuk selalu mendengarkan keluh kesah kami

Untuk Diri saya sendiri

Aprilia Nur Indah Sari

21150270D

Aku tau betul apa yang kamu alami dan kamu rasakan, terimakasih setelah bersusah payah akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir sesuai dengan waktu yang kita sepakati

Untuk teman-teman angkatan 2015 .

Terimakasih sudah membantuk secara moril, belajar kelompok bersama, membantu dalam menyusun naskah

Buat semua pihak yang telah membantu

Terima kasih atas bantuannya...maafkan tidak dapat disebutkan satu per satu

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehinggadapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Magnesium Sulfat Heptahydrat dari Magnesium karbonat dan Asam sulfat kapasitas 100.000/Tahun**. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

Terimakasih untuk do'a yang selalu engkau panjatkan disetiap selesai sholat mu. Engkau adalah motivator terhebat dalam hidupku

Terimakasih untuk do'a yang selalu engkau panjatkan disetiap selesai sholat mu. Engkau adalah motivator terhebat dalam hidupku

1. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Drs. Suseno, M.Siselaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng.,selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta dan selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.

3. Dr. Supriyono, S.T., M.T selaku pembimbing I yang dengan kesabarannya telah memberikan bimbingan kepada penulis hingga terselainya tugas akhir ini.
4. Ir. Petrus Darmawan, S.T.,M.T., dan Ir. Dewi Astuti H, ST., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah.
6. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 21 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik.....	1
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	4
1.4 Macam – macam Proses.....	7
1.5 Kegunaan Produk	9
1.6 Tinjauan Pustaka	9
1.7 Konsep Proses	11
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	16
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	16
2.2 Spesifikasi Produk.....	16

BAB III DESKRIPSI PROSES.....	17
3.1 Keterangan Proses.....	17
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	21
4.1 Neraca Massa.....	21
4.2 Neraca Panas.....	25
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	36
5.1 Silo penyimpanan $MgCO_3$	36
5.2 Tangki Penyimpanan H_2SO_4	46
5.3 Hopper $MgCO_3$	37
5.4 Mixer.....	37
5.5 Heater 1.....	38
5.6 Reaktor.....	38
5.7 Bak penguap.....	39
5.8 Kristalizer.....	40
5.9 Cooler.....	40
5.10 Heater 2.....	41
5.11 Rotary dryer.....	41
5.12 Heater RD.....	42
5.13 Filter udara.....	42
5.14 Cyclone.....	42
5.15 Blower.....	43

5.16 Cooling conveyor	43
5.17 Ball mill.....	44
5.18 Screen.....	44
5.19 Silo produk	44
5.20 Bucket elevator 1.....	45
5.21 Bucket elevator 2.....	46
5.22 Pompa-01	46
5.23 Pompa-02	46
5.24 Pompa-03	47
5.25 Pompa-04	47
5.26 Pompa-05	48
5.27 Screw conveyor 1	48
5.28 Screw conveyor 2	49
5.29 Bucket elevator 3.....	49
BAB VI UTILITAS	50
6.1 Unit Pendukung Proses	50
6.2 Unit Pengadaan Listrik.....	56
6.3 Unit Pengadaan Bahan bakar	59
6.4 Unit Pengadaan Udara Tekan.....	60
6.5 Unit Penyediaan Limbah.....	60
6.6 Laboratorium.....	61

6.7 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	62
6.8 Alat-alat Utilitas	64
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	80
7.1 Bentuk Perusahaan	80
7.2 Struktur Organisasi.....	81
7.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	85
7.4 Kesejahteraan Karyawan.....	92
7.5 Manajemen Produksi.....	94
7.6 Tata Letak Pabrik	96
7.7 Tata Letak Peralatan.....	100
BAB VIII EVALUASI EKONOMI.....	104
8.1 Perhitungan Biaya	106
8.2 <i>Total Fixed Capital Investment</i>	108
8.3 <i>Working Capital</i>	109
8.4 <i>Manufacturing Cost</i>	109
8.5 <i>General Expense</i>	110
8.6 Analisis Ekonomi	110
BAB IX KESIMPULAN.....	115
DAFTAR PUSTAKA	116
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data kebutuhan magnesium sulfat di Indonesia	2
Tabel 1.2 Nama industri dan kapasitas pabrik di dunia	3
Tabel 1.3 Perbedaan proses 1 dan 2	8
Tabel 1.4 Data ΔH°_f dan (ΔG°) pada tekanan 1 atm dan suhu 25 ^o C	12
Tabel 4.1.1 Neraca massa sekitar mixer	22
Tabel 4.1.2 Neraca massa sekitar reaktor	22
Tabel 4.1.3 Neraca massa sekitar bak penguap	23
Tabel 4.1.4 Neraca massa sekitar kristalizer	23
Tabel 4.1.5 Neraca massa sekitar rotary dryer	22
Tabel 4.1.6 Neraca massa sekitar cyclone	24
Tabel 4.1.7 Neraca massa sekitar cooling conveyor	24
Tabel 4.1.8 Neraca massa sekitar ball mill	24
Tabel 4.1.9 Neraca massa sekitar screen	25
Tabel 4.2.1 konstanta kapasitas padatan	25
Tabel 4.2.2 konstanta kapasitas cair	26
Tabel 4.2.3 konstanta kapasitas gas	26
Tabel 4.2.4 Neraca panas disekitar mixer	27
Tabel 4.2.5 Neraca panas sekitar heater 1	28
Tabel 4.2.6 Neraca panas sekitar reaktor	28
Tabel 4.2.7 Neraca panas sekitar bak penguap	29

Tabel 4.2.8 Neraca panas sekitar cooler.....	30
Tabel 4.2.9 Neraca panas sekitar kristalizer.....	30
Tabel 4.2.10 Neraca panas sekitar heater.....	31
Tabel 4.2.11 Neraca panas sekitar heater RD	32
Tabel 4.2.12 Neraca panas sekitar rotary dryer.....	32
Tabel 4.2.13 Neraca panas sekitar cyclone	33
Tabel 4.2.14 Neraca panas sekitar cooling conveyor.....	33
Tabel 4.2.15 Neraca panas sekitar ball mill	34
Tabel 4.2.16 Neraca panas sekitar screen	35
Tabel 6.1.1 Kebutuhan air proses.....	51
Tabel 6.1.2 Kebutuhan air pendingin.....	52
Tabel 6.1.3 Kebutuhan air sanitasi.....	53
Tabel 6.1.4 Kebutuhan air untuk steam	54
Tabel 6.1.5 Kebutuhan air makeup	54
Tabel 6.1.6 Kebutuhan listrik untuk keperluan proses.....	56
Tabel 6.1.7 Kebutuhan listrik untuk keperluan utilitas	58
Tabel 7.1 Daftar gaji karyawan.....	86
Tabel 7.2 Luas bangunan pabrik	98
Tabel 7.3 Tata letak peralatan pabrik.....	108
Tabel 8.1 Cost index chemical plant.....	109
Tabel 8.2 Total fixed capital investment.....	108

Tabel 8.3 Working capital.....	109
Tabel 8.4 Manufacturing cost	109
Tabel 8.5 General expenses.....	10
Tabel 8.6 Fixed cost	113
Tabel 8.7 Variabel cost	113
Tabel 8.8 Regulated cost	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik hubungan jumlah impor dan waktu	2
Gambar 1.2 Peta kota gresikv	5
Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif.....	19
Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif.....	20
Gambar 5.1 Pengolahan air dan utilitas	73
Gambar 7.1 Struktur organisasi dan industri	93
Gambar 7.2 Tata letak pabrik	99
Gambar 7.3 Tata letak peralatan.....	103
Gambar 9. Grafik hubungan <i>cost index</i> dengan tahun.....	105
Gambar 10. Grafik BEP dan SDP	114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang pendirian pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang di dunia yang sedang melaksanakan berbagai macam pembangunan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah pembangunan dibidang industri kimia guna mencukupi kebutuhan bahan kimia di dalam negeri atau bahkan dapat diekspor untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia di pasar dunia. Pembangunan industri kimia sangat penting karena dapat mengurangi anggaran negara untuk mengimpor bahan kimia dari luar negeri, salah satu industri yang perlu didirikan adalah pabrik Magnesium Sulfat.

Magnesium Sulfat merupakan senyawa kimia berbentuk kristal, mengandung sulfur, magnesium dan oksigen. Magnesium sulfat dijumpai dalam bentuk *epsomite heptahydrate* ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) atau garam inggris. Magnesium sulfat heptahidrat banyak digunakan untuk bahan pembantu di industri tekstil, plastik, pupuk, dan obat-obatan.

Sampai saat ini, di Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi Magnesium Sulfat dan kebutuhan dari Magnesium Sulfat ini masih dipenuhi dengan mengimpor dari negara lain seperti China, India, dan Amerika sedangkan kebutuhan di dalam negeri semakin tahun semakin meningkat. Oleh karena itu, adanya pendirian pabrik baru magnesium sulfat ini dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan membuka lapangan pekerjaan sehingga mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia

1.2 Kapasitas rancangan pabrik

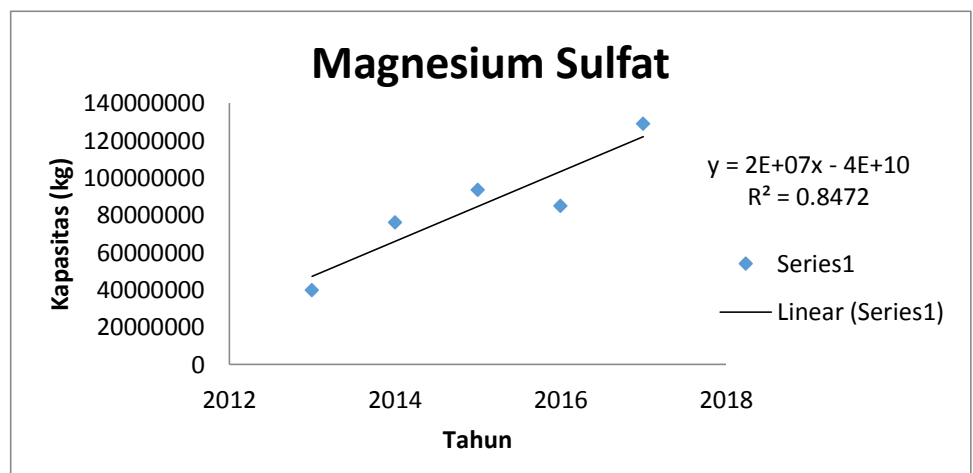
Dalam penentuan kapasitas pabrik, ada beberapa hal yang harus dipertimbangan, yaitu:

1.2.1 Kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia

Berdasarkan data impor yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), diketahui bahwa kebutuhan Magnesium Sulfat dari tahun 2013-2017 di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1 dan grafik 1.1

Tabel 1.1. Data kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (kg)
1	2013	39717623
2	2014	76104462
3	2015	93599653
4	2016	84794949
5	2017	128893895



Gambar 1.1 Grafik data impor Magnesium Sulfat di Indonesia

1.2.2 Kapasitas pabrik yang sudah ada di dunia

Kapasitas rancangan minimum pabrik Magnesium Sulfat dapat diketahui dari data kapasitas pabrik yang sudah ada di dunia ditunjukkan pada Tabel 1.2

Tabel 1.2. Nama industri dan kapasitas pabriknya

No	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
1	Amerika Serikat	95.000
2	RRC	50.000
3	India	20.000

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017

Dari data statistik impor dapat dibuat grafik yang menunjukkan bahwa kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia dapat dihitung menggunakan persamaan berupa regresi linier yang untuk mengetahui kebutuhan akan konsumsi Magnesium Sulfat pada tahun 2024 yaitu sebagai berikut :

$$Y = 2.10^7x - 4.10^{10}$$

$$Y = 2.10^7x - 4.10^{10}$$

$$Y = 480.000.000 \text{ Kg} = 480.000 \text{ ton}$$

dimana :

Y = data impor magnesium sulfat (kg)

X = tahun kebutuhan magnesium sulfat

Dari perhitungan terhadap persamaan linier diatas dapat diisimpulkan bahwa kebutuhan Magnesium Sulfat tahun 2024 adalah berkisar pada angka 480.000 ton, maka untuk memenuhi 21% kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia maka dibangun pabrik Magnesium Sulfat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dan diharapkan :

1. Dapat memenuhi 21% bagian dari kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia

2. Menambah pendapatan negara karena adanya pajak dan mengurangi pengeluaran negara untuk mengimpor Magnesium Sulfat
3. Dapat membuka lapangan pekerjaan
4. Adanya pemerataan pembangunan
5. Membantu mempercepat perkembangan industri yang membutuhkan Magnesium Sulfat

1.2.3 Keterediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan Magnesium Sulfat adalah Magnesium Karbonat dan Asam Sulfat dimana Magnesium Karbonat masih di impor dari PT.Fengcheng City Heqy Brucite mining Co., Ltd. China, karena belum adanya pabrik yang memproduksi di Indonesia sedangkan Asam Sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik

1.3 Pemilihan lokasi pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu hal penting dalam pendirian suatu pabrik, karena lokasi pabrik dapat menentukan kestabilan operasi pabrik, maka pabrik magnesium sulfat akan didirikan didaerah Gresik, Jawa Timur berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut:



Gambar 1.2 Peta Kota Gresik

(google.maps.com)

1.3.1 Faktor primer penentuan lokasi pabrik

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yaitu meliputi keberlangsungan proses produksi dan distribusi, faktor-faktor utama tersebut yaitu :

1. Bahan baku

Bahan baku magnesium karbonat diimpor dari PT. Fengcheng City Heqy Brucite mining Co., Ltd. China karena di Indonesia belum ada pabrik Magnesium Karbonat, sedangkan bahan baku Asam Sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik

2. Pemasaran

Kawasan Gresik, Jawa Timur merupakan salah satu daerah industri di Indonesia. Dengan memprioritaskan pasar dalam negeri maka diharapkan lokasi pabrik tidak jauh dari konsumen, sehingga dapat lebih cepat melayani konsumen/permintaan produk pabrik, biaya

pengangkutan akan lebih murah dan harga jual dapat ditekan menjadi lebih rendah, sehingga dapat mendapatkan keuntungan yang maksimal.

Beberapa pabrik di Jawa Timur yang membutuhkan Magnesium Sulfat antara lain pabrik kertas, pabrik tekstik dan pabrik farmasi diantaranya : PT. Kertas Leces (Persero), PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, PT. Surabaya Agung Industri Pulp & Kertas, PT. Anugerah Texindotama, PT. Sekawan, PT. Henson Farma, dll

3. Utilitas

Untuk kebutuhan sarana penunjang seperti listrik dapat dipenuhi dari PLN setempat dan pada saat emergency dapat menggunakan genset, sedangkan untuk kebutuhan bahan bakar dapat dibeli dari PT Pertamina RU IV Cilacap, Jawa Tengah

4. Tenaga kerja

Provinsi Jawa Timur memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan mempunyai jumlah masyarakat berpendidikan yang relatif banyak ditandai dengan banyaknya jumlah instansi pendidikan di provinsi Jawa Timur. Sehingga, penyediaan tenaga kerja seperti tenaga ahli maupun buruh dapat dipenuhi

5. Transportasi dan komunikasi

Surabaya memiliki sarana transportasi darat dan laut yang sangat memadai karena merupakan jalur utama transportasi di Pulau Jawa. Untuk pemasaran keluar negeri sarana transportasi laut pun sangat memadai karena wilayahnya tidak jauh dari pelabuhan laut Tanjung Perak Surabaya

6. Iklim dan letak geografis

Daerah Gresik, Jawa Timur memiliki iklim yang cukup stabil untuk pendirian suatu pabrik yaitu sekitar 25-30°C

1.3.2 Faktor sekunder penentuan lokasi pabrik

Faktor yang tidak langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor tersebut meliputi :

1. Perijinan

Wilayah Gresik, Jawa Timur merupakan daerah kawasan industri sehingga memudahkan perijinan dalam pendirian pabrik

2. Kawasan Industri

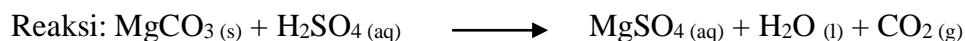
Gresik merupakan wilayah industri sehingga akomodasi keperluan kelangsungan proses industri telah tersedia dengan baik seperti: sarana transportasi, lingkungan, energi, dan sosial

1.4 Macam-macam proses pembuatan Magnesium Sulfat

Dalam pembuatan magnesium sulfat secara komersial ada beberapa cara, yaitu:

1.4.1 Reaksi Magnesium Karbonat dengan Asam Sulfat

Magnesium karbonat direaksikan dengan asam sulfat di dalam reaktor *batch* pada kondisi $T = 70^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1 \text{ atm}$, Hasil reaksi dialirkan ke bak penguap untuk memekatkan cairan kemudian dipisahkan dengan impuritas menggunakan centrifuge dan dikristalkan sehingga membentuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



(Kirk and Othmer, 2001)

1.4.2 Magnesium Sulfat dari bahan tambang yang mengandung mineral magnesit (MgCO_3)

Bahan tambang yang mengandung mineral magnesit (MgCO_3) misalnya limestone dan dolomit, dikalsinasi terlebih dahulu untuk mendekomposisi MgCO_3 menjadi MgO . Limestone mengandung 7,9 % MgO sementara dolomit murni mengandung 21,9 % MgO , karena lebih

menguntungkan dolomit maka digunakanlah dolomit. Dolomit di alam jarang yang murni karena pada umumnya mineral ini selalu terdapat bersama-sama dengan batu gamping, kwarsa, rijang, pirit dan lempung.

Pada tekanan 1 bar $MgCO_3$ pada dolomit akan terdekomposisi pada temperatur sekitar 673K ($400^{\circ}C$) mengikuti persamaan reaksi :



Setelah itu MgO direaksikan dengan H_2SO_4 pada tekanan 1 atm dan suhu $60^{\circ}C$ mengikuti persamaan :



Hasil reaksi berupa slurry difiltrasi, lalu filtrat dipekatkan dan dikristalisasi

Tabel 1.3 Perbedaan proses 1 dan proses 2

Proses 1	Proses 2
Bahan baku lebih murni	Bahan baku berupa batuan mengandung banyak pengotor
Suhu reaksi $70^{\circ}C$, tekanan 1 atm	Memisahkan magnesium karbonat dari kandungan lain dalam dolomit pada suhu $400^{\circ}C$, tekanan 0,9869 atm Mereaksikan magnesium karbonat dan asam sulfat pada suhu $60^{\circ}C$, 1 atm
Rute proses 1 tahap	Rute proses 2 tahap

Diputuskan : dipilih cara ke-1 karena :

1. Proses dan peralatan yang digunakan lebih sederhana sehingga pengoperasian dan pemeliharannya lebih mudah
2. Bahan baku yang digunakan mudah didapatkan
3. Proses yang dijalankan lebih aman dan sederhana karena kondisi operasinya rendah ($t = 70^{\circ}C$, $P = 1 \text{ atm}$)

1.5 Kegunaan produk

Kegunaan dari magnesium sulfat cukup banyak, antara lain :

1. Dalam industri tekstil digunakan sebagai bahan celupan dengan warna anilin, pada pakaian dari bahan jenis *wool* dan *cotton*
2. Dalam industri pupuk digunakan sebagai campuran untuk makanan tambahan bagi binatang, misalnya sapi perah
3. Dalam industri kertas digunakan sebagai pemutih kertas
4. Dalam industri plastik dan karet digunakan sebagai coagulant agent
5. Dalam industri farmasi digunakan sebagai campuran obat, karena Magnesium Sulfat dapat menghilangkan stress, mengurangi rasa sakit dan kram otot, membantu otot dan syaraf berfungsi dengan baik, membantu mencegah pengerasan arteri dan pembekuan darah, membuat insulin lebih efektif, meredakan sembelit

(Kirk & Othmer, 1995)

1.6 Tinjauan pustaka

1. Produk

a. Magnesium Sulfat Heptahydrate

- Sifat fisika

- Formula : $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
- Berat molekul : 246,38gr/mol
- Densitas : 1,68 g/cm³
- Warna : putih
- Refraksi indeks : 1,433
- Berat jenis : 2,66
- Titik lebur : 70⁰C
- Kelarutan(100⁰C) : 72,4 g/100g
- Kemurnian : 98%
- Impuritas : 2% H₂O

(Kirk & Othmer, 1969)

2. Bahan baku

a. Magnesium Karbonat

- Sifat fisika

- Formula : MgCO_3
- Berat molekul : 84,32kg/mol
- Specific gravity : 3,037
- Bentuk kristal : trigonal
- Warna : putih
- Indeks bias : 1,717
- Densitas : $2,958\text{g/cm}^3$
- Kemurnian : 98%
- Titik dekomposisi : 350°C
- Kelarutan : 0,003425 g/100gH₂O
- Impuritas : 2% (1% H₂O ; 0,6% SiO₂; 0,4% CaCO₃)

- Sifat kimia

- Direaksikan dengan asam sulfat membentuk magnesium sulfat

Reaksi :



- Oksidasi pada suhu 50 sampai 60 °C dengan katalis metal gypsum (gyps) dan magnesium carbonat dapat membentuk dapat membentuk magnesiumsulfat.

Reaksi :



(www.tekmira.esdm.go.id)

b. Asam Sulfat

- Sifat fisika

- Formula : H_2SO_4
- Beratmolekul : 98,1kg/mol
- Specific gravity : 1,854

-
-
- Titik didih, 1 atm : 340⁰C
 - Titik lebur, 1 atm : 10,49⁰C
 - Densitas : 1,84 g/mol
 - Kemurnian : 98%
 - Panas pembentukan : 193,69 kkal/mol

- Sifat kimia

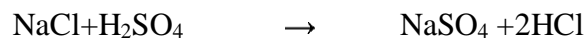
- Korosif terhadap semua logam
- Bereaksi dengan MgCO₃ membentuk MgSO₄

Reaksi:



- Bereaksi dengan NaCl

Reaksi:



(Perry, 1999)

3. Bahan pembantu

a. Air

- Sifat fisika

- Formula : H₂O
- Berat molekul : 18 kg/mol
- Titik didih : ± 100,0⁰C
- Titik beku : 0,0⁰C
- Density at 25⁰C : 990,89 kg/m³
- Specific gravity : 1.00
- Tekanan kritis : 218,4 atm
- Heat Capacity, Cp : 18 Btu/lb mol °F

(Perry & Green, 1997)

1.7 Konsep proses

1.7.1 Kondisi operasi

Reaksi pembuatan Magnesium Sulfat ini berlangsung pada kondisi operasi reaktor sebagai berikut:

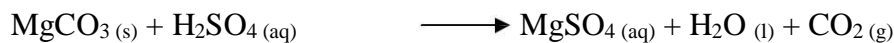
- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 70°C
- Sifat reaksi = eksotermis
- Reaktor = RTB
- Proses reaksi = batch yang dikontinyu-kan
- Waktu reaksi = 2 jam
- Perbandingan mol MgCO₃ : MgSO₄ adalah 1 : 1

(US Patent 02013037649A)

1.7.2 Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi untuk pembentukan magnesium sulfat dari magnesium karbonat dan asam sulfat adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan Magnesium Sulfat :



(Kirk and Othmer, 2001)

1.7.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Maka dari itu perlu adanya peninjauan terhadap ΔH°_f dan energi gibbs (ΔG°) pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C (Perry & Green, 1997).

Tabel 1.4 Data ΔH°_f dan (ΔG°) pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C

No	Komponen	ΔH_f (kkal/mol)	ΔG (kkal/mol)
1	MgCO ₃	-261,7	-241,7
2	H ₂ SO ₄	-193,69	-164,93
3	MgSO ₄	-304,94	-277,7
4	H ₂ O	-68,3174	-56,6871
5	CO ₂	-94,052	-94,26



$$\Delta H^{\circ}_r = \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan}$$

$$= (-304,94 - 68,3174 - 94,052) - (-261,7 - 193,69)$$

$$= -11.919,4 \text{ kkal/mol}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi antara Magnesium Karbonat dan Asam Sulfat untuk menghasilkan Magnesium Sulfat adalah reaksi eksothermis karena ΔH°_r negatif. Sedangkan kesetimbangan kimia dipengaruhi oleh energi bebas Gibbs

Perubahan energi bebas Gibbs dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta G^{\circ}_{r298} = \Delta G^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{ reaktan}$$

$$= (-277,7 - 56,6899 - 94,26) - (-241,7 - 164,93)$$

$$= -22.019,9 \text{ kkal/mol}$$

Menghitung harga konstanta kecepatan reaksi pada suhu 25°C (298 K)

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K \quad (\text{Smith \& VanNess, 1987})$$

$$\ln K = \Delta G^{\circ} / -RT$$

$$= \frac{-22.019,9 \text{ kkal/mol}}{-1,987 \text{ kkal/mol}^{\circ} \text{K} \cdot 298^{\circ} \text{K}}$$

$$\ln K = 37,1878$$

$$K_{298} = 1,4142 \cdot 10^{16}$$

Pada Toperasi 70°C = 343°K

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta H}{R} = \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (\text{Smith \& VanNess, 1987})$$

$$\ln \frac{K}{1,4140 \cdot 10^{16}} = \frac{-11919,4}{1,987} = \left[\frac{1}{358K} - \frac{1}{298K} \right]$$

$$\ln \frac{K}{1,4142 \cdot 10^{16}} = \frac{-11919,4}{1,987} - \frac{(298-358)K}{(358 \cdot 398)K}$$

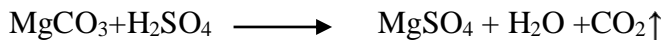
$$K_{358} = 4,7711 \cdot 10^{16}$$

Karena $K > 1$ maka reaksi ke kanan (irreversible)

(Smith J.M & Vanness, 1996)

1.7.4 Tinjauan Kinetika

Mekanisme reaksi pembentukan magnesium sulfat



Diketahui : $X_a = 94,1\% = 0,941$

$t = 120$ menit



Mula-mula Ca_0 Cb_0

Reaksi $Ca_0 \cdot X_a$ $Ca_0 \cdot X_a$ $Ca_0 \cdot X_a$

Sisa $Ca_0(1-X_a)$ $Cb_0 - Ca_0 \cdot X_a$ $Ca_0 \cdot X_a$

- Magnesium Karbonat 98,8%

Berat Molekul : $84,32 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} = 84.320 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$

Ca_0 : $98,8 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} \times 84.320 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$

: $98,8 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} : 84.320 \frac{\text{mol}}{\text{gram}}$

: $0,01172 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Ca : $Ca_0(1-X_a)$

: $0,01172 (1-0,941)$

: $0,00069148 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

- Asam Sulfat 45%

Berat Molekul : $98,08 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$

Cb_0 : $45 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} \times 98,08 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$

: $45 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} : 98,08 \frac{\text{mol}}{\text{gram}}$

: $4,5581 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Cb : $Cb_0 - Ca_0 \cdot X_a$

: $4,5581 - 0,01172 \times 0,941$

: $4,5471 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

❖ Orde 2

- $(-r_a) = k \cdot C_a \cdot C_b$

$$-\frac{dC_a}{dt} = k \cdot C_a \cdot C_b$$

$$-\frac{dC_a}{dt} = k(C_{a0} - C_{a0} \cdot X_a) - (C_{b0} - C_{a0} \cdot X_a)$$

$$\ln \frac{C_a \cdot C_{a0}}{C_{b0} \cdot C_a} = k(C_{a0} - C_{a0} \cdot X_a) - (C_{b0} - C_{a0} \cdot X_a)$$

$$\ln \frac{C_{b0} C_{a0}}{C_{b0} C_a} = C_{a0} k t$$

$$2,8239 = 1,4064 k$$

$$k = 2,007 \text{ l/mol.menit}, t = 139,05 \text{ menit}$$

- $(-r_a) = k C_B^2$

$$\frac{-dC_B}{dt} = k C_B^2$$

$$\frac{-dC_B}{C_B^2} = k dt$$

$$\frac{1}{C_B} - \frac{1}{C_{B0}} = k t$$

$$k = 0,0000044 \text{ l/mol.menit}, t = 6.801,783 \text{ menit}$$

- $(-r_a) = k C_A^2$

$$\frac{-dC_A}{dt} = k C_A^2$$

$$\frac{-dC_A}{C_A^2} = k dt$$

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = k t$$

$$k = 11,3392 \text{ l/mol.menit}, t = 26,3933 \text{ menit}$$

Rumus mencari t'

$$t' = \frac{X_a}{-r_a}$$

$$t' = \frac{X_a}{k C_a C_b}$$