

LAPORAN SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT HEPTAHIDRAT
DARI MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan Pendidikan

Strata Satu Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Setia Budi

Oleh :

Bonaris Doli Siregar 21150278D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SETIA BUDI

SURAKARTA

2020

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT DARI
MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

Bonaris Doli Siregar 21150278D

Telah disetujui oleh Pembimbing

Pada tanggal.....

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

S1 Teknik Kimia



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

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT DARI
MAGNESIUM KARBONAT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

Bonaris Doli Siregar 21150278D

Telah disahkan oleh tim Penguji

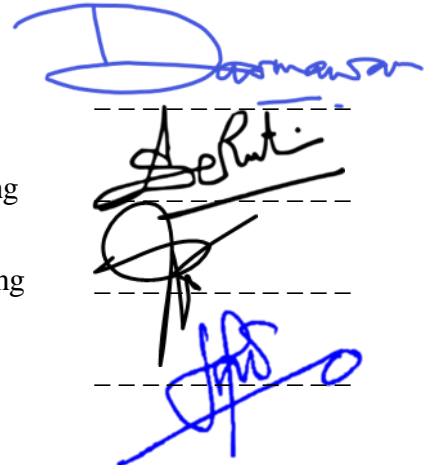
Pada tanggal.....

Penguji I : Petrus Darmawan, S.T.,M.T

Penguji II : Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T.,M.Eng

Penguji III : Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng

Penguji IV : Dr. Supriyono, S.T.,M.T




Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi

Ketua Program Studi
S1 Teknik Kimia



Dr. Suseno, M.Si
NIS. 01199408011044



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

MOTTO

- ✓ Last but not least ,I wanna thank me ,I wanna thank me or believing in me ,I wanna thank me for doing all this hard work ,I wanna thankme for having no days off ,I wanna thankme for never quitting.
- ✓ One day, you live this world behind, so live a life you will remember (avici)
- ✓ Kejujuran, melakukan dan berusaha lebih baik dari pada usaha tanpa kejujuran.
- ✓ Carilah Tuhan terlebih dahulu sebelum melakukan sesuatu, maka semua akan ditambahkan-Nya kepadamu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa , yang telah melimpahkan berkat , hikmat dan kemampuan untuk mampu menyelesaikan tugas akhir perancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Magnesium Karbonat dan Asam Sulfat Kapasitas 150.000 Ton /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 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 terimakasih kepada :

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta .
2. Dr. Suseno, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
3. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.eng., selaku pembimbing II dan Ketua Program Studi Teknik Kimia , Fakultas Teknik , Universitas Setia Budi Surakarta .
4. Dr. Supriyono, S.T., M.T selaku pembimbing I yang selalu memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis hingga terselesainya tugas akhir ini
5. Ir. Petrus Darmawan, S.T., M.T., dan Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji tugas akhir yang sudah meluangkan waktu dan melengkapi isi dari laporan tugas akhir ini
6. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah
7. Orang tua yang selalu memberi doa dan motivasi

8. Serta semua yang telah membantu dan memberi dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

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

Surakarta, 20 Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik	2
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik	4
1.4. Macam -macam proses	8
1.5. Kegunaan Produk	10
1.6. Tinjauan Pustaka	10
1.6.1 Bahan Baku	10
1.6.2 Produk	11
1.7. Konsep Proses	12
1.7.1 Kondisi Operasi	12
1.7.2 Mekanisme Reaksi	13
1.7.3 Tinjauan Termodinamika	13
1.7.4 Tinjauan Kinetika	16
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	Error! Bookmark not defined.
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Magnesium Karbonat	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Asam Sulfat	Error! Bookmark not defined.
2.2 Spesifikasi Produk	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Magnesium Sulfat	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Air	Error! Bookmark not defined.

BAB III	DESKRIPSI PROSES	Error! Bookmark not defined.
3.1	Uraian Proses	Error! Bookmark not defined.
3.1.1	Tahap Persiapan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
3.1.2	Tahap Pembentukan Produk	Error! Bookmark not defined.
3.1.3	Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	NERACA MASSA DAN MERACA PANAS ...	Error! Bookmark not defined.
4.1	Neraca Massa	Error! Bookmark not defined.
4.2	Neraca Panas	Error! Bookmark not defined.
BAB V	SPESIFIKASI ALAT	Error! Bookmark not defined.
5.1	Silo Penyimpanan serbuk Magnesium Karbonat (MgCO ₃)	Error! Bookmark not defined.
5.2	Tangki penyimpanan Asam Sulfat 98%	Error! Bookmark not defined.
5.3	Mixer	Error! Bookmark not defined.
5.4	Heater -1	Error! Bookmark not defined.
5.5	Reaktor	Error! Bookmark not defined.
5.6	Rotary Vacuum Filter	Error! Bookmark not defined.
5.7	Heater -2	Error! Bookmark not defined.
5.8	Evaporator	Error! Bookmark not defined.
5.9	Cooler	Error! Bookmark not defined.
5.10	Crystallizer	Error! Bookmark not defined.
5.11	Centrifuge	Error! Bookmark not defined.
5.12	Rotary Dryer	Error! Bookmark not defined.
5.13	Cyclone	Error! Bookmark not defined.
5.14	Ballmill	Error! Bookmark not defined.
5.15	Screen.....	Error! Bookmark not defined.

5.16	Silo Penyimpanan serbuk Magnesium Sulfat Heptahidrat (MgSO ₄ .7H ₂ O)	Error! Bookmark not defined.
5.17	Bucket Elevator 1	Error! Bookmark not defined.
5.18	Belt Conveyor 1	Error! Bookmark not defined.
5.19	Bucket Elevator 2	Error! Bookmark not defined.
5.20	Belt Conveyor 2	Error! Bookmark not defined.
5.21	Cooling Conveyor	Error! Bookmark not defined.
5.22	Screw Conveyor	Error! Bookmark not defined.
5.23	Bloweri (RD).....	Error! Bookmark not defined.
5.24	Pompa 1	Error! Bookmark not defined.
5.25	Pompa 2	Error! Bookmark not defined.
5.26	Pompa 3	Error! Bookmark not defined.
5.27	Pompa 4	Error! Bookmark not defined.
5.28	Pompa 5	Error! Bookmark not defined.
5.29	Pompa 6	Error! Bookmark not defined.
5.30	Pompa 7	Error! Bookmark not defined.
5.31	Pompa 8	Error! Bookmark not defined.
5.32	Filter Udara	Error! Bookmark not defined.
BAB VI	UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS).....	Error! Bookmark not defined.
6.1	Unit Pendukung Proses (Utilitas).....	Error! Bookmark not defined.
6.1.1	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	Error! Bookmark not defined.
6.1.2	Unit Sanitasi	Error! Bookmark not defined.
6.1.3	Unit Pengadaan Steam	Error! Bookmark not defined.
6.1.4	Unit Demineralisasi Air	Error! Bookmark not defined.
6.2	Unit Pengadaan Listrik	Error! Bookmark not defined.
6.3	Unit Pengadaan Bahan Bakar....	Error! Bookmark not defined.

- 6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan **Error! Bookmark not defined.**
- 6.5 Unit Pengolahan Limbah **Error! Bookmark not defined.**
- 6.6 Laboratorium **Error! Bookmark not defined.**
- 6.7 Kesehatan dan Keselamatan Kerja **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8 Alat-alat Utilitas **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.1 Baki Penampungi Sementara.... **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.2 *Kationi Exchangeri* **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.3 *Anioni Exchangeri* **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.4 Tangkii Dimineralisasi **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.5 Dearetor..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.6 Boileri..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.7 Tangkii Penyimpanani N_2H_2 **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.8 Tangkii Airi Bersih **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.9 Tangkii Larutani HCl. **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.10 Tangkii Larutani NaOH. **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.11 Tangkii Airi Pendingini 1 **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.12 Tangkii Airi Pendingini 2..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.13 Tangkii Karboni Aktifi **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.14 Tangkii Kaporiti..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.15 *Coolingi Toweri* **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.16 Pompa Utilitas 01 **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.17 Pompa Utilitas 02 **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.18 Pompa Utilitas 03 **Error! Bookmark not defined.**
 - 6.8.19 Pompa Utilitas 04 **Error! Bookmark not defined.**

- 6.8.20 Pompa Utilitas 05 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.21 Pompa Utilitas 06 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.22 Pompa Utilitas 07 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.23 Pompa Utilitas 08 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.24 Pompa Utilitas 09 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.25 Pompa Utilitas 10 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.26 Pompa Utilitas 11 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.27 Pompa Utilitas 12 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.28 Pompa Utilitas 13 **Error! Bookmark not defined.**
- 6.8.29 Pompa Utilitas 14 **Error! Bookmark not defined.**

BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK .Error! Bookmark not defined.

- 7.1 Bentuk Perusahaan **Error! Bookmark not defined.**
- 7.2 Struktur Organisasi **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.2.1 Pemegang saham **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.2.2 Dewan Komisaris **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.2.3 Direktur **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.2.4 Staf Ahli dan Litbang **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.2.5 Kepala Bagian **Error! Bookmark not defined.**
- 7.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.3.1 Sistem Kepegawaian . **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.3.2 Sistem Gaji **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.3.3 Pembagian jam Kerja Karyawan ..**Error! Bookmark not defined.**
- 7.4 Kesejahteraan Karyawan **Error! Bookmark not defined.**
- 7.5 Manajemen Produksi **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.5.1 Perencanaan Produksi **Error! Bookmark not defined.**
 - 7.5.2 Pengendalian Proses . **Error! Bookmark not defined.**
- 7.6 Tata Letak (*Lay Out*) Pabrik .. **Error! Bookmark not defined.**

7.7	Tata Letak Peralatan	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII	EVALUASI EKONOMI	Error! Bookmark not defined.
8.1	Perhitungan Biaya	Error! Bookmark not defined.
8.2	<i>Total Fixed Capital Investment</i>	Error! Bookmark not defined.
		defined.
8.3	<i>Working Capital</i>	Error! Bookmark not defined.
8.4	<i>Manufacturing Cost</i>	Error! Bookmark not defined.
8.5	<i>General Expanses</i>	Error! Bookmark not defined.
8.6	<i>Analisis Ekonomi</i>	Error! Bookmark not defined.
8.6.1	<i>Return On Investment (ROI)</i> ..	Error! Bookmark not defined.
		defined.
8.6.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	Error! Bookmark not defined.
8.6.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	Error! Bookmark not defined.
		defined.
8.6.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	Error! Bookmark not defined.
		defined.
8.6.5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	Error! Bookmark not defined.
		defined.
BAB IX	KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR	PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Datai kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia	2
Tabel 1.2. Industri Penyedia Bahan baku Magnesium Karbonat	4
Tabel 1.3. Nama Industri dan Kapasitas Pabrik di Dunia.....	4
Tabel 1.4. Kelebihan dan kekurangan proses 1 dan proses 2.....	10
Tabel 1.5. Berat Molekul dan ΔH°_f komponen bahan dan produk(25°C)	13
Tabel 1.6. Data Energi Bebas Gibbs (ΔG_r^0) komponen bahan dan produk (25°C).....	14
Tabel 4.1. Neraca Massa disekitar Mixer	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2. Neraca Massa disektitar Reaktori ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3. Neraca Massa disekitar Filter	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4. Neraca Massa disekitar Evaporator.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5. Neraca Massa disekitar <i>Crystallizer</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6. Neraca Massa disekitar <i>Centryfuge</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7. Neraca Massa disekitar <i>Centryfuge</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8. Neraca Massa disekitar <i>Cyclone</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9. Neraca Massa disekitar <i>Ballmill</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10. Neraca Massa disekitar <i>Screen</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11. Konstanta kapasitas panas padatan masing -masing komponen	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12. Neraca panasi disekitar Mixer.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.13. Neraca panas disekitar Heater.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.14. Neraca panas disekitar reaktor	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.15. Neraca panas disekitar Centrifuge-01	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.16. Neraca panas disekitar Evaporator ...	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4.17.	Neraca panas disekitar Cooler.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.18.	Neraca panas disekitar Crystallizer ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.19.	Neraca panas disekitar Centrifuge-02	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.20.	Neraca panas disekitar Rotary Dryer	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.21.	Neraca panas disekitar Cyclone ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.22.	Neraca panas disekitar Cooling Conveyor	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.1.	Kebutuhan air proses	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.2.	Kebutuhan air pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.3.	Kebutuhan air sanitasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.4.	Kebutuhan air untuk steam	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.5.	Kebutuhan air make up	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.6.	Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.7.	Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7.1.	Rincian golongan dan gaji pegawai..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7.2.	Pembagian shift menjadi 4 regu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7.3.	Luas bangunan pabrik.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.1.	<i>Cost index chemical plant</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.2.	<i>Total Fixed Capital Investment</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.3.	<i>Working Capital</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.4.	<i>Manufacturing Cost (Rp)</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.5.	<i>General Expenses</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.6.	<i>Fixed Cost</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8.7.	<i>Variable Cost</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 9.1.	Anailis kelayakan ekonomi.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Gambar 1.1. Grafik data impor Magnesium Sulfat di Indonesia	3
Gambar 1.2. Gresik, Jawa Timur	7
Gambar 3.1. Diagram Alir Kualitatif	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Industri	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7.2. Tata letak pabrik skala 1 : 100	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7.3. Tata letak alat pabrik	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8.1. Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8.2. Analisa Ekonomi	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pada era industr sekarang ini perkembangan industri di Indonesia mengalami peningkatan di segala bidang , lebih di sukai untuk industri - industri kimia dengan berbagai macam teknologi canggih dan bersifat padat modal . Pemerintah Indonesia sedang melakukan pengembangan . Salah satu cara memenuhi kebutuhan bahan -bahan industri melalui Bergeraknya pembangunan pabrik - pabrik industri kimia . macam industri yang belum dapat dipenuhi sendiri cukup banyak dan biasanya diperoleh dengan cara mengimpor dari negara lain . Salah satu bahan yang diimpor dalam jumlah banyak adalah magnesium sulfat .

Magnesium sulfat adalah suatu senyawa kimia garam anorganik yang mengandung magnesium , sulfur dan oksigen dengan rumus kimia $MgSO_4$. Magnesium sulfat berupa padatan kristal berwarna putih yang banyak digunakan di berbagai bidang, seperti industri kertas, industri kimia, industri farmasi, industri pupuk, industri tekstil, industri plastik, industri karet, peternakan, proses bleaching pada selulosa, proses pembuatan sirup fruktosa dan lain sebagainya (Kirk-Othmer, 1998).

Tujuan dari pendirian pabrik magnesium sulfat adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, agar ketergantungan terhadap impor dapat dikurangi. Visi dari berdirinya pabrik ini akan menciptakan lapangan kerja . Berpotensi memberikan kesempatan kerja dan pemerataan tenaga kerja sehingga mengurangi angka pengangguran , serta untuk mendukung dan mendukung berkembangnya kompetitor industri - industri kimia lain yang menggunakan magnesium sulfat sebagai pengolah dan bahan pembantu .

1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitasi industri merupakan salah satu bagian yang penting dalam berdirinya suatu pabrik karena mempengaruhi hitungan secara teknik dan ekonomi. Penentuan kapasitas pabrik magnesium sulfat heptahidrat didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Kebutuhan Magnesium Sulfat di Negara Indonesia

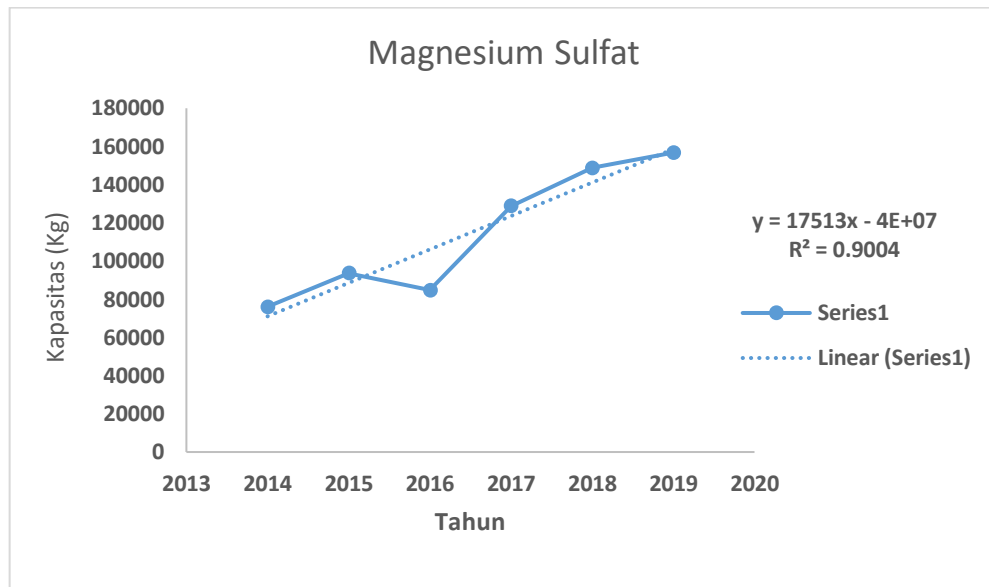
Kebutuhan di Indonesia selama ini masih di-impor dari luar negeri, Berdasarkan data kebutuhan dari Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari Tahun 2012 sampai dengan tahun 2018, kebutuhan perkembangan impor magnesium sulfat di Negara Indonesia dapat di tampilkan pada Tabel 1.1. dan Gambar 1.1. sebagai berikut :

Tabel 1.1. Data kebutuhan Magnesium Sulfat di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (ton/tahun)
1	2014	76.104,462
2	2015	93.599,653
3	2016	84.794,949
4	2017	128.893,895
5	2018	148,765,957
6	2019	156.779,218

Sumber: Badan Pusat Statistik (2014 – 2019)

Data grafik, pada gambar 1.1, sebagai berikut :



Gambar 1.1. Grafik data impor Magnesium Sulfat di Indonesia

Dari Gambar 1.1. diatas , bila diberikan pendekatan regresi linier , maka akan diperoleh persamaan regresi :

$$y = 17513x - (4 \times 10^7)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah impor tahun 2024} &= 17513x - (4 \times 10^7) \\ &= 17513(2024) - (4 \times 10^7) \\ &= 246.174,008 \text{ ton /tahun} \end{aligned}$$

Keterangan :

y = Impor magnesium sulfat (ton /tahun)

x = Urutan nomor tahun ke-n

Dari perhitungan diatas, diperkirakan tahun 2024 kebutuhan magnesium sulfat 246.174,008 ton/tahun

2. Ketersediaan bahan baku

Digunakan bahan baku pada pembuatan Magnesium Sulfat adalah Magnesium Karbonat dan Asam Sulfat dimana Magnesium Karbonat masih di impor dari China, karena belum adanya pabrik yang memproduksi di Indonesia, sedangkan Asam Sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik.

Tabel 1.2. Industri Penyedia Bahan baku Magnesium Karbonat

Industri	Kapasitas (ton/tahun)
Xingtai Messi Environmental Protection Material Co.Ltd	270.000
PT.Yingkou Magnesite Chemical Ind Group. Co, LTD.	200.000
FengCheng City Heqi Brucite Mining Co,LTD.	100.000

(alibaba.com)

a. Kapasitas Komersil dan Kebutuhan Dunia

Mengingat dengan telah didirikan dan telah beroperasinya pabrik tersebut, berarti telah memberikan nilai ekonomis bagi pabrik tersebut. Berikut adalah kapasitas produksi perusahaan magnesium sulfat di dunia.

Tabel 1.3. Nama Industri dan Kapasitas Pabrik di Dunia

Negara	Industri	Kapasitas Produksi Magnesium Sulfat (Ton/Tahun)
China	PT. Yingkou Magnesite Chemical IND Group	125.000
	Heqi Brucite Mining Co.LTD	100.000
	Weifang Longhong Chemical CO.LTD	175.000
	Xingtai Messi Environmental CO.LTD	8.000
	India	Endaavour Industries
Australia	Ceramin INDIA PVT.LTD	75.000
	Swancorp PTY.LTD	60.000
	Richase enterprise PTE.LTD	90.000

Sumber : (data.un.org)

Berdasarkan ketiga pertimbangan di atas dengan mempertimbangkan kebutuhan magnesium sulfat di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas komersial pabrik yang sudah ada di dunia sehingga dipilih kapasitas rancangan sebesar 150.000,00 ton/tahun.

1.3.Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik adalah salah faktor penting, karena hal ini memiliki kontak langsung dengan nilai ekonomis suatu pabrik yang akan didirikan. Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan hidupnya. Berdasar dari beberapa pertimbangan, maka pabrik magnesium sulfat heptahidrat akan didirikan di daerah kawasan dekat dengan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur, berdasarkan beberapa faktor sebagai berikut :

a. Faktor Primer

Faktor primer dalam penentuan lokasi secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari upaya pabrik. Tujuan utama itu meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada harga yang terjangkau, dan pabrik masih dapat memperoleh keuntungan yang cukup. Faktor-faktor utama tersebut meliputi :

1. Letaki pabrik terhadap pasari

Kawasan di Jawa Timur menjadi salah satu provinsi yang menyumbang pertumbuhan ekonomi tertinggi, dengan sistem klaterisasi area industri, utilitas mandiri, dan konektivitas pelabuhan laut, jalur kereta api dan akses tol langsung ke kawasan industri, biaya pengangkutan akan lebih murah dan harga jual ditekan menjadi lebih rendah, sehingga dapat mendapatkan keuntungan yang maksimal.

Beberapa pabrik kertas di daerah Jawa Timur yang berpotensi menjadi konsumen magnesium sulfat heptahidrat diantaranya : P.T. Kertas Leces (Persero), P.T. Suparma, P.T. Pabrik kertas Tjiwi Kimia Tbk, P.T. Surabaya Agung Industri Pulp & Kertas.

2. Bahan baku

Bahan baku merupakan hal yang paling utama dalam pengoperasian suatu pabrik. Bahan baku magnesium karbonat diperoleh dengan mengimpor dari Xingtai Messi Environmental Protection Material CO. LTD Sedangkan asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang lokasinya deka dengan pabrik.

3. Sarana transportasi

Jawa Timur memiliki sarana transportasi darat dan laut yang sangat memadai karena merupakan jalur utama transportasi di Pulau Jawa, lokasi yang dipilih telah tersedianya akses berupa koneksi jalan tol dari

Surabaya, akses pelabuhan, dan akses jalur kereta api jalur ganda yang terhubung ke titik akses dipulau jawa.

4. Tenaga kerja

Provinsi Jawa Timur memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dengan 40 juta jiwa 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. Utilitas

Kesediaan sarana pendukung seperti air dan listrik guna proses industri harus diperhatikan. Kebutuhan air dapat diperoleh dari fasilitas yang telah disediakan oleh Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur. Listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator sebagai cadangan bila ada gangguan.

6. Iklim dan letak geografis

Gresik merupakan lokasi yang jarang terkena gempa, banjir dan badai disamping mempunyai kelembabab dan suhu yang sesuai. Kondisi tanah yang relatif luas dan merupakan permukaan tanah datar, dengan kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun sangat menguntungkan. Di samping itu, Gresik merupakan salah satu daerah atau kawasan industri di Indonesia sehingga pengaturan dan penanggulangan mengenai dampak lingkungan dapat dilaksanakan dengan baik.

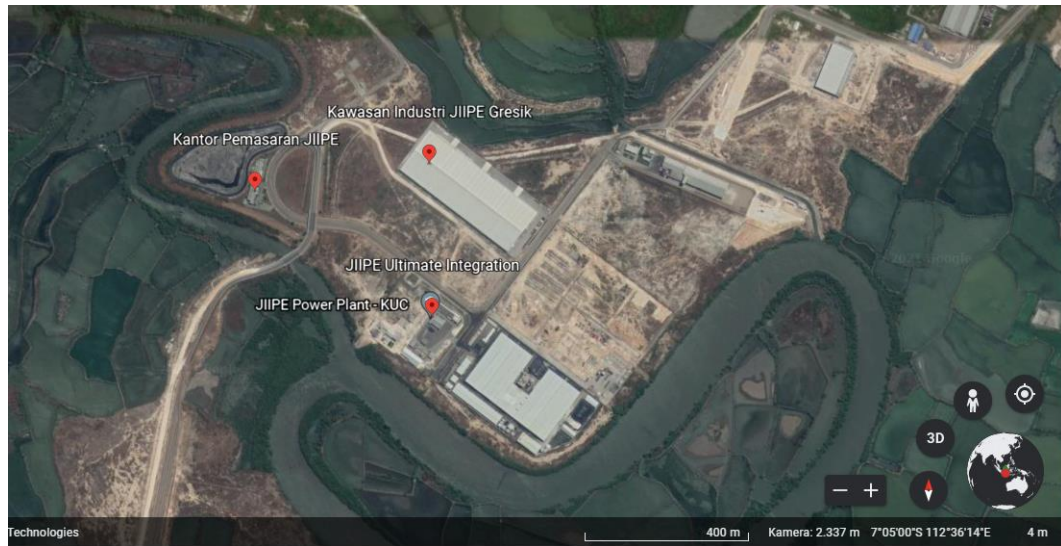
b. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

1. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah yang tersedia jalur transportasi dan sumber-sumber yang memadai, dipilih daerah kawasan industri. JIPE, Gresik Jawa Timur.

2. Kawasan

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



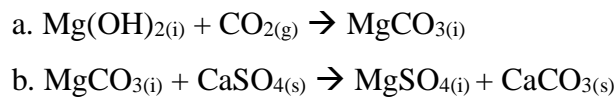
Gambar 1.2. Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur

(google.earth.com)

1.4. Macam-macam proses

a. Proses Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Magnesium Hidroksida dengan Kalsium Sulfat

Kalsium Sulfat diumpankan ke *weighting tank* bersamaan dengan magnesium hidroksida, setelah diumpankan ke reaktor dengan suhu 70°C-100°C yang telah ditambahkan CO₂ didalam reaktor terjadi 2 fase reaksi, yaitu :



Dari reaksi yang berlangsung di reaktor didapatkan konversi dari MgSO₄ sebesar 70% dan diteruskan secara terus menerus dengan ditambahkan CO₂. Setelah itu hasil dari reaktor dipanaskan di *heating tank* dan disaring filter untuk memisahlan endapan kapur yang tersisa yang telah di *dryer*. Hal ini kurang praktis dimana operasi dari reaksi membatasi hasil *epsom salt* dengan konversi cukup rendah, dan menghasilkan produk yang tidak cukup murni. Hal ini terjadi karena terciptanya juga reaksi samping berupa endapan kapur.

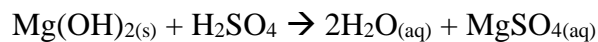
Hasil yang didapatkan diumpankan ke *crystallizer* untuk dikristalisasi dengan suhu 60°C, jadi membentuk magnesium sulfat heptahidrat yang kemudian disaring difilter yang kemudian didapatkan *Epsom salt* (US2231327A.1941).

b. Proses Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Air Laut

Mg(OH)₂ diperoleh dari *recovery* air laut atau *brine*. Mg(OH)₂ dipresipitasi dari larutan garam magnesium dengan penambahan basa kuat seperti Ca(OH)₂. Ca(OH)₂ diperoleh dari kalsinasi *limestone* (lime) atau kalsinasi *dolomite* (dolime). Air laut mengandung sekitar 1294 ppm Mg²⁺ yang ekivalen dengan 2,15 kg MgO/m³ air laut. Proses pengambilan Mg(OH)₂ dari air laut dapat dijelaskan sebagai berikut. Air laut di *screening* untuk menghilangkan pengotor, lalu dipresipitasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm untuk mengendapkan bikarbonat sebagai CaSO₄.2H₂O yang

dipisahkan dari air laut sebelum dipisahkan dari air laut sebelum direaksikan dengan *dolime* atau *brine*. Alternatif lain, air laut di proses dengan asidifikasi dan degasifikasi di dalam suatu menara untuk menghilangkan karbon dioksida yang dilepaskan selama reaksi. Apabila tidak dihilangkan, bikarbonat akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk endapan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang tidak larut, yang tidak dapat dipisahkan dari produk $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Selanjutnya $\text{Mg}(\text{OH})_2$ direaksikan dengan H_2SO_4 untuk membentuk magnesium sulfat

Reaksi :



Hasil reaksi berupa *slurry* difiltrasi, lalu filtrate dipisahkan dan dikristalisasi. Proses ini memiliki kelebihan yaitu bahan baku yang berasal dari air laut atau *brine* yang melimpah dan tidak akan habis. Akan tetapi proses ini kurang menarik karena yield MgO yang dihasilkan dari air laut hanya sebesar 0,2095% dan memerlukan proses tambahan berupa kalsinasi dolomit atau *limestone* pada suhu tinggi yaitu 600°C.

c. Proses Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Magnesium Karbonat dan Asam Sulfat

Magnesit atau MgCO_3 direaksikan dengan asam sulfat dengan konsentrasi, suhu, kecepatan pengadukan, waktu reaksi, dan *solid-liquid ratio* yang divariasikan. Hasil optimum didapatkan pada kondisi sebagai berikut. Suhu reaksi dapat dikendalikan dalam reaksi 1 jam dengan suhu 60-70°C, rasio padatan ke cairan 20-25 g/100ml larutan. Konsentrasi H_2SO_4 30% dengan jumlah 20% berlebih dimasukkan ke dalam reaktor dengan kecepatan pengadukan 400-500 rpm. Didapatkan hasil konversi reaksi 95-98% (Current Science, 2009)

Tabel 1.4. Kelebihan dan kekurangan proses 1 dan proses 2

Kondisi Operasi	Proses		
	I	II	III
Suhu	70°C-100°C	80°C	60°C-70°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Konversi	70%	<10%	95%-98%
Reaksi	Ada 2 fase : a). $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ b). $\text{MgCO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{CaCO}_3$	$\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)} + \text{MgSO}_4(aq)$	$\text{MgCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Dari 3 proses diatas, maka dapat diambil kesimpulan, proses yang dipilih yaitu proses III (3). Dengan pertimbangan :

1. Proses menggunakan bahan yang memiliki resiko rendah dan dapat menekan biaya pengadaan.
2. Proses dan peralatan lebih sederhana.
3. Tidak ada produk samping yang berbahaya

1.5. Kegunaan Produk

1. Industri kertas, untuk proses pemutih kertas
2. Bidang farmasi, digunakan sebagai bahan pembuatan obat-obatan. Pada obat Vigosine, MgSO_4 berfungsi sebagai enzim kofektor untuk membantu fungsi ginjal.
3. Industri tekstil, digunakan sebagai agen penstabilan warna pada pakaian.
4. Industri deterjen dan sabun, digunakan sebagai formulasi kadar busa

(Kirk & Othmer, 1995)

1.6. Tinjauan Pustaka

1.6.1 Bahan Baku

1. Magnesium Karbonat

- a. Sifat Fisika

- Rumus kimia = MgCO_3
- BM = 84,32 kg/mol
- Densitas = 2,958 gr/cm³
- Titik leleh = 350 °C

- Titik didih = 651 °C
- Warna = putih
- Bentuk = padatan

b. Sifat Kimia

- Direaksikan dengan asam sulfat membentuk magnesium sulfat
Reaksi : $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- Oksida pada suhu 50 °C – 60 °C dengan katalis metal gypsum dan magnesium karbonat dapat membentuk magnesium sulfat.
Reaksi : $\text{CaSO}_4 + \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{CaCO}_3$
- Kelarutan 0,0106 g/100 g air dingin. Larut dalam asam dan garam NH_4

(Perry & Green , 1997)

2. Asam Sulfat

a. Sifat Fisika

- Rumus kimia = H_2SO_4
- Bentuk = cair
- Warna = tidak berwarna
- Berat molekul = 98,08 g/mol
- Densitas = 1,837 g/cm³
- Titik didih = 340 °C
- Titik lebur = 10,49 °C

b. Sifat Kimia

- Larut dalam air
- Korosif terhadap semua logam

(Perry & Green , 1997)

1.6.2 Produk

1. Magnesium Sulfat

a. Sifat Fisika

- Rumus Kimia = MgSO_4
- Warna = putih
- Bentuk = padatan

- Berat Molekul = 120,37 gr/mol
- Titik leleh = 1124 °C

b. Sifat kimia

- Kelarutan (air dingin) = 26,9 °C
- Kelarutan (air panas) = 68,3 °C

(Perry & Green , 1997)

2. Air

a. Sifat Fisika

- Rumus kimia = H₂O
- Berat molekul = 18,015 g/mol
- Titik leleh = 0 °C
- Titik didih = 100 °C
- Densitas (25 °C) = 0,9956 g/ml
- Bentuk = cair

(Perry & Green, 1997)

1.7.Konsep Proses

1.7.1 Kondisi Operasi

Reaksi pembuatan magnesium sulfat ini beraks pada Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) berlangsung pada kondisi operasi reaktor , sebagai berikut :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 65 °C
- Konversi = 95%
- Fase = padat – cair

Waktu tinggal pembentukan magnesium sulfat adalah 1,5 jam
(US Patent WO2013037649A1, Sheet 11 (30-35))

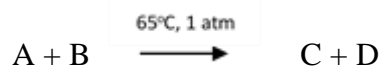
1.7.2 Mekanisme Reaksi

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

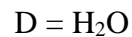
Reaksi pembentukan magnesium sulfat :



Reaksi dapat ditulis sebagai berikut :



Keterangan :



1.7.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis /eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Secara termodinamika reaksi pembentukan magnesium sulfat dapat dilihat dari harga entalpi dan konstanta kesetimbangan.

Reaksi pembentukan magnesium sulfat :



Harga ΔH_f masing-masing komponen pada suhu 298K (25°C) dapat dilihat pada Tabel 1.3. sebagai berikut :

Tabel 1.5. Berat Molekul dan ΔH_f° komponen bahan dan produk(25°C)

Komponen	Berat Molekul (kg/mol)	ΔH_f° (kkal/mol)
MgCO ₃	84,32	-261,7
H ₂ SO ₄	98,08	-193,69
MgSO ₄	120,38	-304,94
H ₂ O	18,015	-68,3174
CO ₂	44,01	-94,052

(Perry & Green, 1997)

$$\begin{aligned} \Delta H_{r298} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{MgSO}_4 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{CO}_2) - (\Delta H_f^\circ \text{MgCO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= \{(-304,94) + (-68,3174) + (-94,052) - (-261,7) + (-193,69)\} \\ &= -11,9194 \text{ kkal/mol} \end{aligned}$$

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

Perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi antara magnesium sulfat dengan asam sulfat bersifat eksotermis karena nilai ΔH_{7298} Pada reaksi bernilai negatif (menghasilkan panas).

Harga ΔG_f° untuk masing -masing komponen (suhu 298 K) pada Tabel 1.4. sebagai berikut :

Tabel 1.6. Data Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) komponen bahan dan prduk(25°C)

Komponen	ΔG_f° (kkal /mol)
MgCO ₃	-241,7
H ₂ SO ₄	-164,93
MgSO ₄	-277,7
H ₂ O	-56,6899
CO ₂	-94,260

(Perry & Green, 1997)

$$\begin{aligned} \Delta G_r &= \Sigma \Delta G_{\text{produk}} - \Sigma \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta G_f^\circ \text{MgSO}_4 + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O} + \Delta G_f^\circ \text{CO}_2) - (\Delta G_f^\circ \text{MgCO}_3 + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= \{(-241,7) + (-56,6899) + (-94,260)\} - \{(-277,7) + (-164,93)\} \\ &= - 49,9701 \text{ kkal/mol} \\ &= - 49.970,1 \text{ kkal/kmol} \end{aligned}$$

Menghitung ΔH_f° pada T = 338 K (65 °C) adalah sebagai berikut :

Komponen	Cp (cal/mol.K)
MgCO ₃	16,9
H ₂ SO ₄	33,4265
MgSO ₄	26,7
H ₂ O	18,0448
CO ₂	8,955

(Perry & Yaws, 1999)

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan } 338} &= \Sigma Cp \cdot \Delta T \\ &= (16,9 \times (338-298)) + (33,4265 \times (338-298)) \\ &= 2013.06 \text{ cal/mol.K} \\ &= 2013,1 \text{ kcal/kmol.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk } 338} &= \Sigma Cp \cdot \Delta T \\ &= (26,7 \times (338-298)) + (18,0448 \times (338-298)) \\ &\quad + (8,955 \times (338-298)) \\ &= 2763,26 \text{ cal/mol.K} \\ &= 2763,3 \text{ kcal/kmol.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{r338} &= \Delta H_{\text{produk } 338} + \Delta H_f^{\circ} 298 \text{ K} - \Delta H_{\text{reaktan } 338} \\ &= (2763,3 + (-11.919,4)) - 2013,1 \text{ kkal/kmol} \\ &= -11.169,2 \text{ kkal/kmol}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas $\Delta H_r^{\circ} 338\text{K}$ maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara eksotermis (menghasilkan panas), karena $\Delta H_r^{\circ} 338\text{K}$ yang diperoleh negatif.

Dari perhitungan – perhitungan diatas didapatkan :

$$\begin{aligned}\Delta H_f 298 \text{ (Enthalpi reaktan)} &= -11.919,4 \text{ kkal/kmol} \\ \Delta H_r 363,15 \text{ (Enthalpi reaktan)} &= -11.169,2 \text{ kkal/kmol} \\ \Delta G_r \text{ (Energi bebas)} &= -49.970,1 \text{ kkal/kmol}\end{aligned}$$

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

$$\Delta G = -RT \ln K_{298 \text{ K}} \quad (\text{Smith \& VanNess, 1987})$$

$$\begin{aligned}\ln K_{298 \text{ K}} &= \frac{\Delta G}{-RT} \\ &= \frac{-49.970,1 \text{ kkal/kmol}}{-1,987 \text{ kkal/kmol.K} \times 298\text{K}} \\ &= 84,3909 \\ K_{298} &= 4,4 \times 10^{36}\end{aligned}$$

Menghitung harga konstanta kesetimbangan pada suhu 65 °C (338 K)

$$\ln \left(\frac{K_{338}}{K_{298}} \right) = -\frac{\Delta H}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (\text{Smith \& VanNess, 1987})$$

$$\ln \left(\frac{K_{338}}{4,4 \cdot 10^{36}} \right) = -\frac{-11.919,4}{1,987} \times \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{338} \right)$$

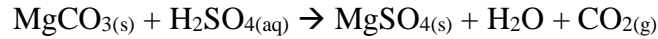
$$\frac{K_{338}}{4,4 \cdot 10^{36}} = \exp(2,3814)$$

$$K_{338} = 4,7 \times 10^{37}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan sangat besar , maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan searah (*irreversible*) ke arah produk .

1.7.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan magnesium sulfat :



Diketahui : $X_a = 95\% = 0,95$

$t' = 90$ menit

	A	+	B	→	C
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 (MgCO_3) 98%

$$\text{Berat Molekul} = 84,32 \frac{\text{kgram}}{\text{mol}} = 84320 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$$

$$\begin{aligned} Ca_0 &= 98 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} \times 84320 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} \\ &= 98 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} : 84320 \frac{\text{mol}}{\text{gram}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{\text{Liter}} \\ &= 0,0116 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ca &= Ca_0(1-X_a) \\ &= 0,0116 (1 - 0,95) \\ &= 0,00058 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

- Asam Sulfat (H_2SO_4) 98%

$$\text{Berat molekul} = 98,08 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$$

$$\begin{aligned} Cb_0 &= 98 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} \times 98,08 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} \\ &= 98 \frac{\text{gram}}{100\text{ml}} : 98,08 \frac{\text{mol}}{\text{gram}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{\text{Liter}} \\ &= 4,0783 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cb &= Cb_0 - (Ca_0 \cdot X_a) \\ &= 4,0783 - (0,0116 \times 0,95) \\ &= 4,0783 - 0,01102 \end{aligned}$$

$$= 4,06728 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

➤ Orde 2

$$(-ra) = k \cdot Ca \cdot Cb$$

$$- \frac{dCa}{dt} = k \cdot Ca \cdot Cb$$

$$- \frac{dCa}{dt} = k (Ca_0 - Ca_0 \cdot Xa) (Cb_0 - Ca_0 \cdot Xa)$$

$$M = Cb_0 / Ca_0$$

$$(-ra) = k \cdot C^2_{a0} (1 - Xa)(M - Xa)$$

$$\int_0^{Xa} \frac{dXa}{(1 - Xa)(M - Xa)} = Ca_0 k \int_0^t dt$$

$$\text{Ln} \frac{Cb \cdot Ca_0}{Cb_0 \cdot Ca} = Ca_0 \cdot k \cdot t$$

$$\text{ln} \frac{4,06728 \times 0,0116}{4,0783 \times 0,00058} = 0,0106 \times 180 \cdot k$$

$$k = 1,568$$

Diketahui :

$$Ro^2 = 10\text{mm} = 10\text{cm}^3$$

$$\rho B = 1,83 \text{ g/cm}^3 = 0,00183 \text{ kg/cm}^3$$

$$D = 3,5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Ca_g = 40\% = 0,40$$

$$X_B = 95\% = 0,95$$

(Xingtai Messi Environmental Protection Material Co.Ltd (Sz 0 – 200mm))

Waktu reaksi yang diperlukan :

$$\frac{t}{\tau} = 1 - (1 - X_B)^{2/3}$$

$$\tau = \frac{\rho B \cdot Ro^2}{2b \cdot D \cdot Cag}$$

$$\tau = \frac{0,00183 \text{ kg/cm}^3 \cdot (10\text{cm}^3)^2}{2 \cdot 1 \cdot (3,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}) \cdot 0,40}$$

$$= \frac{18,3 \text{ kg/cm}^3}{0,0028 \text{ cm}^3/\text{s}}$$

$$= 6535,7 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} \frac{t}{6535,7 \text{ kg/s}} &= 1 - (1 - 0,95)^{2/3} \\ t &= 0,864004 \times 6535,7 \text{ kg/s} \\ &= \frac{5646,8 \text{ kg/s}}{60 \text{ menit}} \\ &= 94 \text{ menit} = 1,5 \text{ jam} \end{aligned}$$
