

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM CARBONATE
DARI MAGNESIUM CHLORIDE DAN SODIUM CARBONATE
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

(Skripsi)

Oleh :

ABDUL AZIZ AHMAD



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRACT

MANUFACTURING OF MAGNESIUM CARBONATE FROM MAGNESIUM CHLORIDE AND SODIUM CARBONATE WITH CAPACITY 30.000 TONS/YEAR (Design of Reactor (RE-201))

By

ABDUL AZIZ AHMAD

Magnesium carbonate plant with materials, *magnesium chloride* and *sodium carbonate* is planned to be built in Serang, Banten. Establishment of this plant is based on some consideration due to the raw material resources, the transportation, the labor availability and also the environmental condition.

This plant is meant to produce 30.000 tons/year *magnesium carbonate* with operation time 24 hour/day, 330 hour/year. Raw materials used consist of 4.680,0959 kg/hour of *magnesium chloride*, 5.105,6833 kg/hour of *sodium carbonate*.

The utility units consist of water supply system, instrument air supply system, power generation system, refrigerant supply system and waste treatment system.

The business entity form is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 162 labors.

From the economic analysis, it is obtained that:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	=	Rp. 315.905.57.016,95,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	=	Rp. 55.748.041,70,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	=	Rp. 371.653.611.784,6,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	=	38,12%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	=	23,82%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT)b	=	2,63 year
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT)a	=	2,9 year
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI)b	=	43,40 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI)a	=	34,72 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	=	28,45 %

Considering the summary above, it is proper to study the establishment of *Magnesium carbonate* plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM CARBONARE DARI MAGNESIUM CHLORIDE DAN SODIUM CARBONATE DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

ABDUL AZIZ AHMAD

Pabrik Sodium *magnesium carbonate* berbahan baku *magnesium chloride* dan *sodium carbonate* direncanakan didirikan di Serang, Banten. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan belum terdapatnya pabrik *magnesium carbonate* di Indonsia, ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi *magnesium carbonate* sebanyak 30.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah *magnesium chloride* sebanyak 4.680,0959 kg/jam dan *sodium carbonate* sebanyak 5.105,6833 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan udara instrument, pengadaan udara panas, pengadaan listrik, pengadaan *refrigerant* dan pengolahan limbah.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 162 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	=	Rp. 315.905.57.016,95,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	=	Rp. 55.748.041,70,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	=	Rp. 371.653.611.784,6,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	=	38,12%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	=	23,82%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT)b	=	2,63 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT)a	=	2,9 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI)b	=	43,40%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI)a	=	34,72%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	=	28,45%

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *magnesium carbonare* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM CARBONATE
DARI MAGNESIUM CHLORIDE DAN SODIUM CARBONATE
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

Oleh :

ABDUL AZIZ AHMAD

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada
Jurusan Teknik Kimia
Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi

: **PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM CARBONATE DARI MAGNESIUM CHLORIDE DAN SODIUM CARBONATE DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa

: **Abdul Aziz Ahmad**

NPM

: **1015041001**

Jurusan

: **Teknik Kimia**

Fakultas

: **Teknik**



Yuli Darni, S.T., M.T

NIP. 19740712 200003 2 001

Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

NIP. 19841008 200812 1 003

2. Ketua Jurusan

Ir. Azhar, M.T.

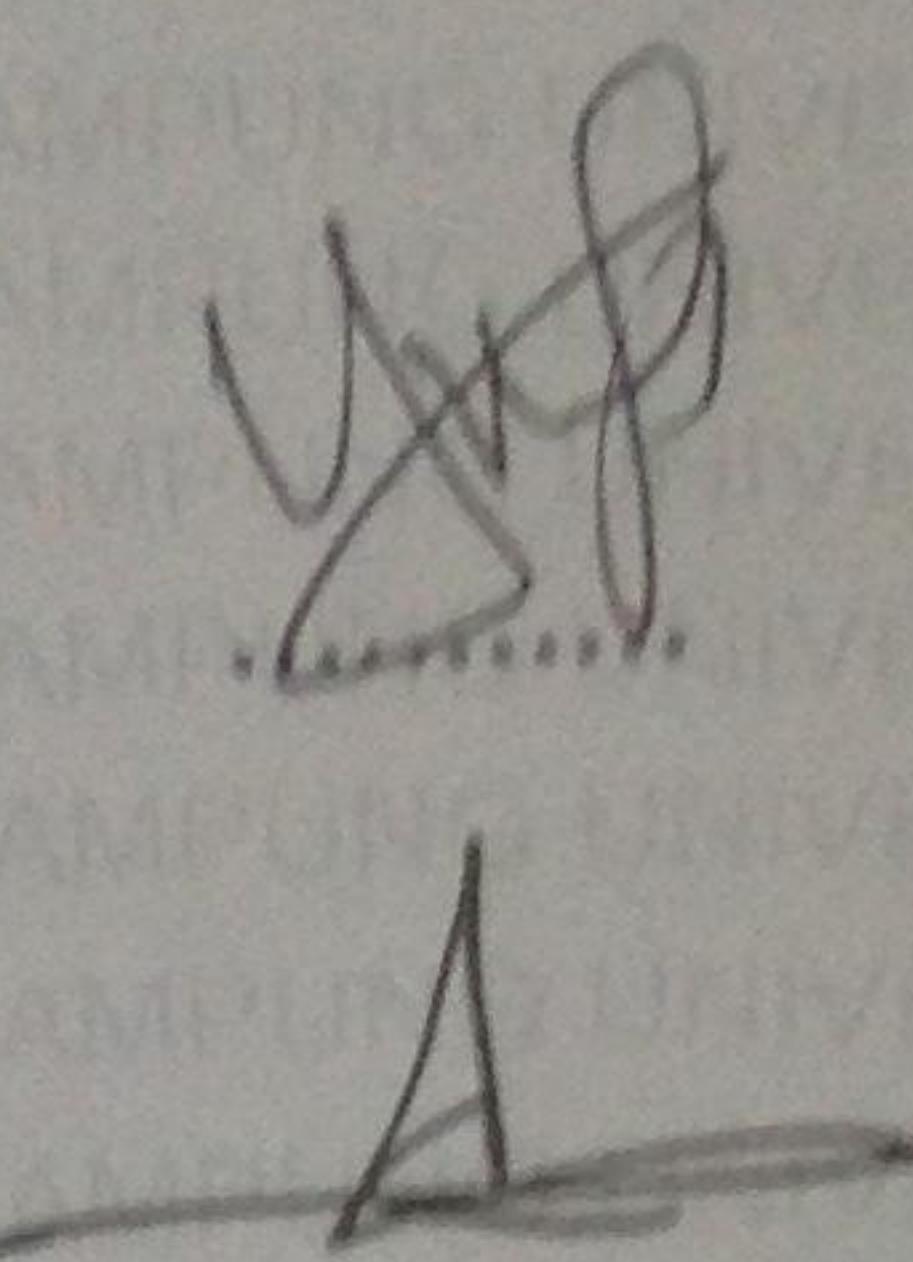
NIP. 19660401 199501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Yuli Darni, S.T., M.T**



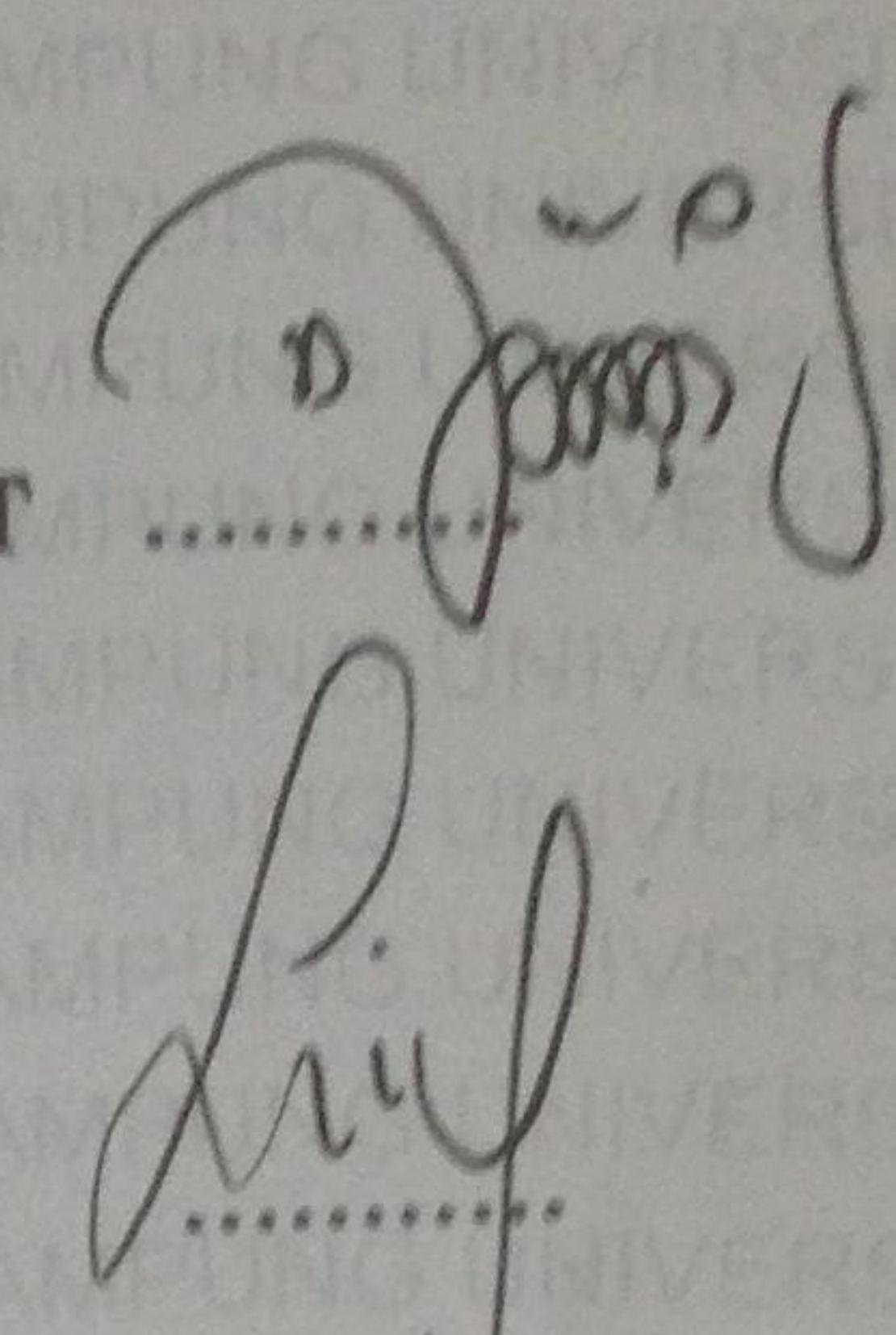
Sekretaris

: **Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**

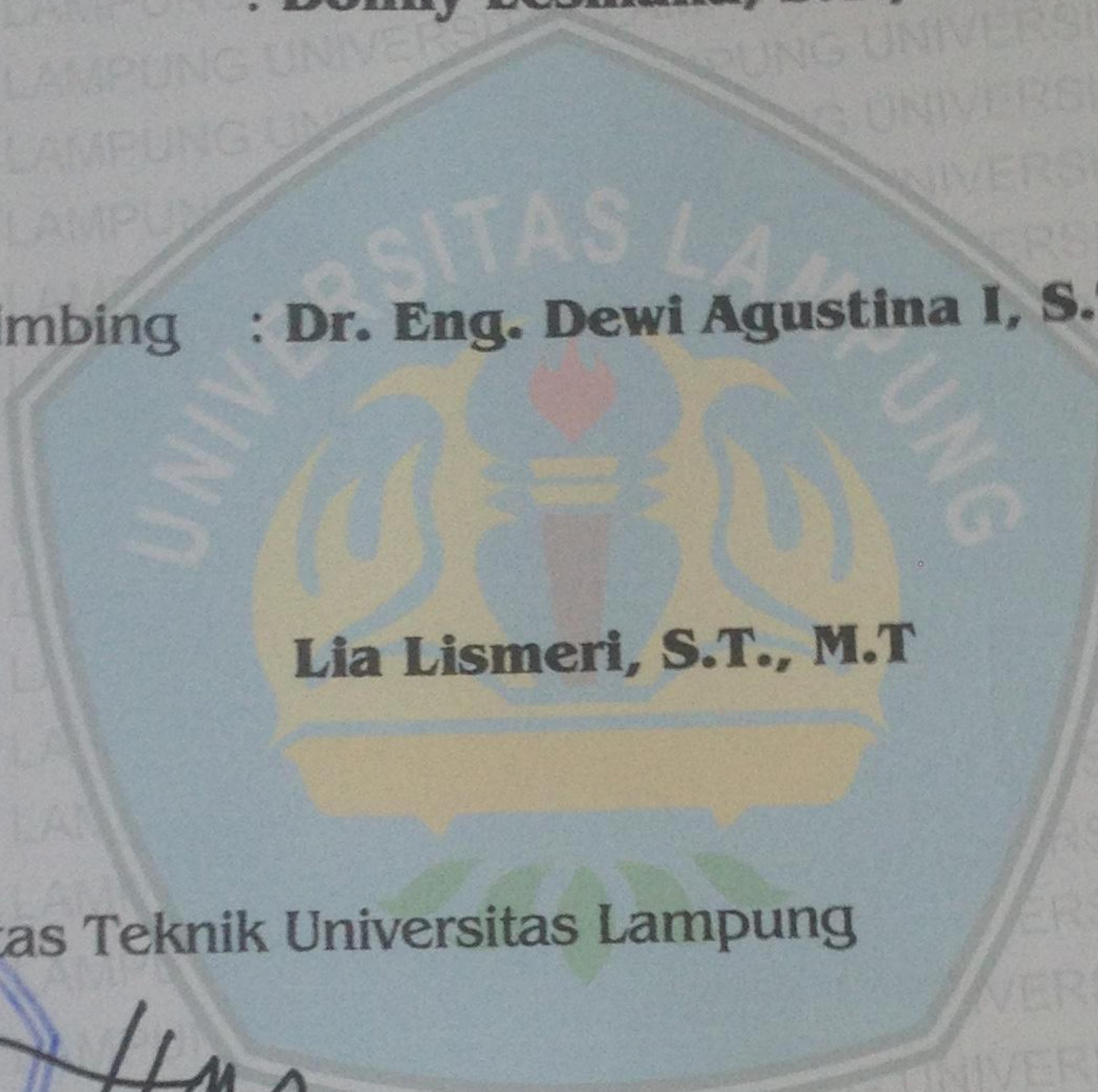
Penguji

Bukan Pembimbing

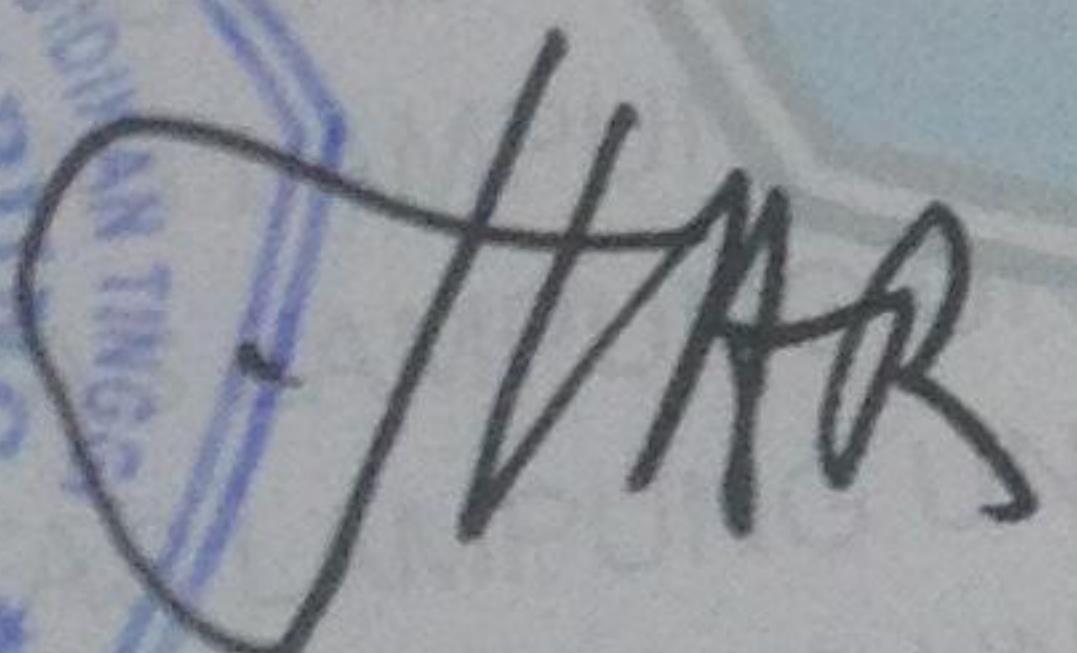
: **Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T**



Lia Lismeri, S.T., M.T



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Januari 2017

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Februari 2017



Abdul Aziz Ahmad
NPM. 1015041001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro, pada tanggal 16 April 1992, sebagai putra kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Muryono dan Ibu Umi Cholifah.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Al-Qur'an, Metro pada tahun 1998. Sekolah Dasar di SD Muhammadiyah , Metro pada tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 4 Metro pada tahun 2007 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 5 Metro pada tahun 2010.

Pada tahun 2010, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur PKAB Universita Lampung 2010

Pada tahun 2015, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Semen Batu Raja, Sumatera Selatan dengan Tugas Khusus "Evaluasi Kinerja *Vertical Roller Mill* (VRM) di Unit Produksi I. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul "Penambahan Kitosan Sebagai *Preatreatment* Untuk Mendegradasi Limbah Cair Psabrik Minyak Kelapa Sawit (LCPMKS) Dalam Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB).

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) Unila pada priode 2011/2012 – 2012/2013 sebagai Anggota Himpunan Media Informasi.

PERSEMPAHAN

Alhamdulillah, Allahumma Sholli ala Muhammad wa ali Muhammad

Bapak dan Ibu

Jazakumullah Khoiron Katsiron

Karya ini, tidak sebanding dengan Do'a & Pengorbananmu..

Semoga, bisa memberikan Senyuman & Kebahagiaan untuk-mu

Do'akan putramu, menjadi anak yang Sholeh

Do'akan putramu, Bermanfaat bagi Bangsa dan Agama

MOTO

“Yakinlah, ada sesuatu yang menanti selepas banyak kesabaran yang dijalani,
hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit”

-Ali bin Abi Thalib-

“Sesuatu mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya
didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya”

-Abraham Lincoln-

**“Untuk meraih sebuah kesuksesan, karakter seseorang adalah lebih
penting dari pada intelelegensi”**

-Gilgerta Beaux-

“You can do that, when the other people can't do that”

-Abdul Aziz Ahmad-

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik *Magnesium Carbonate* dari *Magnesium Chloride* dan *Sodium Carbonate* kapasitas 30.000 ton/tahun ” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T dan Bapak Donny Lesmana, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I dan II , yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Ibu Panca Nugrahini F, S.T.M.T. selaku Dosen Pembimbing Penelitian yang telah memberikan kritik dan saran, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.

4. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
5. Ibu dan Bapak Tersayang atas segala dukungan, pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi di setiap langkahku. Semoga Allah SWT memberikan perlindungan dan Karunia-Nya.
6. Terima kasih banyak untuk patner ku Octe Via Devi, S.T. yang banyak sekali membantu baik di dalam perkuliahan maupun diluar perkuliahan. Semoga masih mau membantu ku nanti.
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia: Omen, Reza, Fahmi, Tauhid, Ari, Sand, Teo, Yogi, Handoko, Rangga, Yudi, Galih, Nico, Novrit, Wildan, Okta, Aulizar, Fatrin, Faiz, Yunike, Via, Yunita, Umu, Uni, Dwi, Sika, Cimut, Ade, Reta, Yoan, Ridho, Mita, Nur, Debora, Siska, Bulan, Damay, Wike, Nina, Ira, Novi, Tiwi, Riana, Echa, Tri Yuni. Terimakasih atas bantuan dan dukungannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Keluarga Ice Cream: Teo, Nico, Sisil, Oca, Ninong, dan Octe yang selalu pance kalo lagi mau nyari makan.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna di kemudian hari.

Bandar Lampung, 23 Februari 2017
Penulis,

Abdul Aziz Ahmad

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang	1
1.2.Kegunaan Produk	3
1.3.Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4.Analisis Pasar	4
1.5.Lokasi Pabrik.....	6

BAB II. DESKRIPSI PROSES

2.1 Proses Produksi	10
2.1.1 Tinjauan Proses	10
2.1.2 Pemilihan Proses	11
2.2 Uraian Proses.....	33

BAB III. SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1 Bahan Baku Utama.....	35
3.2 Bahan Pembantu.....	36
3.3 Produk	37
3.3.1 Produk Utama.....	37
3.3.2 Produk Samping	37

BAB IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

4.1 Neraca Massa	39
1. <i>Dissolving Tank</i> (DT-101).....	40
2. <i>Dissolving Tank</i> (DT-102).....	41
3. <i>Reaktor</i> (RE-201)	41
4. <i>Centrifuge</i> (CF-301)	42
5. <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	42
6. <i>Rotary Cooler</i> (RD-301).....	43
7. <i>Evaporator</i> (EV-301)	44
8. <i>Rotary Cooler</i> (RC-401).....	44
4.2 Neraca Energi	
1. <i>Dissolving Tank</i> (DT-101).....	45
2. <i>Dissolving Tank</i> (DT-102).....	45
3. <i>Reaktor</i> (RE-201)	46
4. <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	46
5. <i>Evaporator</i> (EV-301)	47
6. <i>Rotary Cooler</i> (RC-401).....	47

BAB V. SPESIFIKASI ALAT

5.1 Spesifikasi Alat Unit Proses	48
1. Gudang Bahan Baku MgCO ₃ (GD-101).....	48
2. Screw Conveyor (SC-101).....	49
3. Bucket Elevator (BE-101)	50
4. Silo (SI-101)	50
5. Screw Conveyor (SC-102).....	52
6. Bucket Elevator (BE-102)	53
7. Hopper (HP-101).....	53
8. Dissolving Tank (DT-101)	54
9. Gudang Bahan Baku Na ₂ CO ₃ (GD-102)	56
10. Screw Conveyor (SC-103).....	56
11. Bucket Elevator (BE-103)	57
12. Silo (SI-102)	58
13. Screw Conveyor (SC-104).....	59
14. Bucket Elevator (BE-104)	60
15. Hopper (HP-102).....	60
16. Dissolving Tank (DT-102)	61
17. Reaktor (RE-201)	62
18. Cooler (CL-301).....	64
19. Centrifuge (CE-301)	65
20. Screw Conveyor (SC-301).....	65
21. Rotary Dryer (RD-301)	66
22. Screw Conveyor (SC-302).....	67

23. <i>Ball Mill</i> (BM-301).....	68
24. <i>Screw Conveyor</i> (SC-303).....	68
25. <i>Bucket Elevator</i> (BE-301)	69
26. <i>Silo</i> (SI-401)	70
27. <i>Screw Conveyor</i> (SC-401).....	71
28. Gudang Pemnyimpanan Produk MgCO ₃	72
29. <i>Evaporator</i> (EV-301)	72
30. <i>Belt Conveyor</i> (BC-301).....	73
31. Gudang Penyimpanan Produk NaCl (GD-402).....	74
32. <i>Pompa</i> (PP-101)	74
33. <i>Pompa</i> (PP-102)	75
34. <i>Pompa</i> (PP-201)	76
35. <i>Pompa</i> (PP-301)	76
36. <i>Pompa</i> (PP-302)	77
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas	78
1. Bak Sedimentasi (BS-401)	78
2. Tangki Alum (ST-401)	79
3. Tangki Kaporit (ST-402)	80
4. Tangki Soda Kaustik (ST-403).....	81
5. <i>Clarifier</i> (CL-401)	82
6. <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	83
7. Tangki Air Filter (ST-404)	84
8. <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	85
9. <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	86

10. Tangki Penyimpanan Air Proses (ST-405).....	87
11. Tangki Penyimpanan Air Kondensat (ST-406)	88
12. <i>Deaerator</i> (DA-401).....	89
13. Tangki Hidrazin (ST-407)	90
14. <i>Boiler</i> (BO-401).....	91
15. Pompa Utilitas (PU-401)	92
16. Pompa Utilitas (PU-402)	92
17. Pompa Utilitas (PU-403)	93
18. Pompa Utilitas (PU-404)	94
19. Pompa Utilitas (PU-405)	94
20. Pompa Utilitas (PU-406)	95
21. Pompa Utilitas (PU-407)	96
22. Pompa Utilitas (PU-408)	96
23. Pompa Utilitas (PU-409)	97
24. Pompa Utilitas (PU-410)	98
25. Pompa Utilitas (PU-411)	98
26. Pompa Utilitas (PU-412)	99
27. Pompa Utilitas (PU-413)	100
28. Pompa Utilitas (PU-414)	100
29. Pompa Utilitas (PU-415)	101
30. Pompa Utilitas (PU-416)	102
31. Pompa Utilitas (PU-417)	102
32. Pompa Utilitas (PU-418)	103
33. Pompa Utilitas (PU-419)	104

34. Pompa Utilitas (PU-420)	104
35. Pompa Utilitas (PU-421)	105
36. Pompa Utilitas (PU-422)	106
37. Pompa Utilitas (PU-423)	106
38. Pompa Utilitas (PU-424)	107
39. Pompa Utilitas (PU-425)	108
40. Pompa Utilitas (PU-426)	108
41. Pompa Utilitas (PU-427)	109
42. Pompa Utilitas (PU-428)	110
43. Pompa Utilitas (PU-429)	110
44. Pompa Utilitas (PU-430)	111
45. Pompa Utilitas (PU-431)	112
46. <i>Cyclone</i> (CN-401)	112
47. <i>Blower Udara</i> (BU-401).....	113
48. <i>Air Dryer</i> (AD-401).....	113
49. <i>Compressor</i> (CO-401).....	114

BAB VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1 Unit Pendukung Proses	115
6.1.1 Unit Pengolahan Air (<i>Water Teratment Unit</i>)	115
6.1.2 Air Untuk Keperluan Umum dan Sanitasi	122
6.1.3 <i>Chiling Water</i> (Air Pendingin).....	123
6.1.4 Air Bebas Mineal (<i>Deminealized Water</i>).....	124
6.1.5 Penyediaan Kukus (<i>Steam</i>)	127

6.2 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik	130
6.3 Sistem Penyediaan Bahan Bakar	131
6.4 Sistem Penyediaan Udara Tekan	131
6.5 Pengolahan Limbah	132
6.6 Laboratorium.....	136
6.6.1 Laboratorium Fisika.....	138
6.6.2 Laboratorium Analitik	138
6.6.3 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan	139
6.6.4 Laboratorium Analisa Air.....	139
6.6.5 Alat Analisa	140
6.7 Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	141

BAB VII. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1 Landasan Teori.....	144
7.1.1 Faktor-faktor Utama/Primer	145
7.1.2 Faktor Sekunder.....	146
7.2 Lokasi Pabrik	149
7.3 Tata Letak Pabrik.....	152
7.4 Perincian Luas Tanah.....	153

BAB VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN

8.1 Bentuk Perusahaan.....	157
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	160
8.3 Tugas dan Wewenang	163

8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan	167
8.5 Penggolongan Karyawan dan Jumlah Karyawan	170
8.6 Status Karyawan dan Sisitem Penggajian	176
8.7 Kesejahteraan Karyawan	177
8.8 Manajemen Produksi	181

BAB IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Investasi	185
9.2 Evaluasi Ekonomi	190
9.3 <i>Discounted Cash Flow</i>	192

BAB X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan	194
10.2 Saran	195

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	
	Halaman
1.1 Kebutuhan Impor MgCO ₃ di Indonesia	4
1.2 Peta Lokasi Letak Pabrik	8
6.1 Diagram Alir Pengolahan Air	117
7.1 Peta Pulau Jawa	154
7.2 Lokasi Pabrik.....	155
7.3 Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	155
7.4 Tata Letak Peralatan Proses	156
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	162
9.1 Kurva <i>Break Even Point</i> dan <i>Shut Down Point</i>	192
9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> metodeDCF.....	193

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Jumlah Kebutuhan Impor <i>Magnesium Carbonate</i> di Indonesia.....	4
1.2 Jumlah Produksi <i>Magnesium Carbonate</i> di Dunia	5
4.1 Daftar Harga bahan Baku dan Produk	11
4.2 Data Entalpi dan Energi Bebas Gibbs Bahan Baku dan Produk	11
4.3 Tinjauan Pemilihan Proses	32
4.1 Total Neraca Massa <i>Disolving Tank</i> (DT-101)	40
4.2 Total Neraca Massa <i>Disolving Tank</i> (DT-102)	41
4.3 Neraca Massa di <i>Reaktor</i> (RE-201)	41
4.4 Neraca Massa di <i>Centrifuge</i> (CF-301)	42
4.5 Neraca Massa di <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	42
4.6 Neraca Massa di <i>Rotary Cooler</i> (RC-301).....	43
4.7 Neraca Massa di <i>Evaporator</i> (EV-301)	44
4.8 Neraca Massa di <i>Rotary Cooler</i> (RC-401).....	44
4.9 Neraca Energi di <i>Dissolving Tank</i> (DT-101)	45
4.10Neraca Energi di <i>Dissolving Tank</i> (DT-102)	45
4.11Neraca Energi di <i>Reaktor</i> (RE-201)	46
4.12Neraca Energi di <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	46
4.13Neraca Energi di <i>Evaporator</i> (EV-301)	47
4.14Neraca Energi di <i>Rotary Cooler</i> (RC-401)	47
5.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Bahan Baku MgCl ₂ (GD-101)..	48
5.2 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101)	49
5.3 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	50
5.4 Spesifikasi <i>Silo</i> (SI-101).....	50
5.5 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-102)	52
5.6 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102).....	53
5.7 Spesifikasi <i>Hopper</i> (HO-101)	53

5.8 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT-101).....	54
5.9 Gudang Penyimpanan Bahan Baku Na ₂ CO ₃ (GD-102)	56
5.10 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-103)	56
5.11 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-103).....	57
5.12 Spesifikasi <i>Silo</i> (SI-102).....	58
5.13 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-104)	59
5.14 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-104).....	60
5.15 Spesifikasi <i>Hopper</i> (HO-102)	60
5.16 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT-102).....	61
5.17 Spesifikasi <i>Reaktor</i> (RE-201).....	62
5.18 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CL-301)	64
5.19 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CE-301)	65
5.20 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301)	65
5.21 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	66
5.22 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (302)	67
5.23 Spesifikasi <i>Ball Mill</i> (BM-301).....	68
5.24 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC303)	68
5.25 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	69
5.26 Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SI-401)	70
5.27 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401)	71
5.28 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Produk MgCO ₃ (GD-401)	72
5.29 Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-301).....	72
5.30 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-301)	73
5.31 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Produk NaCl (GD-402)	74
5.32 Spesifikasi <i>Pompa</i> (PP-101).....	74
5.33 Spesifikasi <i>Pompa</i> (PP-102).....	75
5.34 Spesifikasi <i>Pompa</i> (PP-201).....	76
5.35 Spesifikasi <i>Pompa</i> (PP-301).....	76
5.36 Spesifikasi <i>Pompa</i> (PP-302).....	77
5.37 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	78
5.38 Spesifikasi Tangki Alum (ST-401)	79
5.39 Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402)	80

5.40 Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-401).....	81
5.41 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	82
5.42 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	83
5.43 Spesifikasi Tangki Alir Filter (ST-404)	84
5.44 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	85
5.45 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	86
5.46 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Prose (ST-405)	87
5.47 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Kondensat (ST-406)	88
5.48 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-401).....	89
5.49 Spesifikasi Tangki Hridrazin (ST-407)	90
5.50 Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-401).....	91
5.51 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-401)	92
5.52 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-402)	92
5.53 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-403)	93
5.54 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-404)	94
5.55 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-405)	94
5.56 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-406)	95
5.57 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-407)	96
5.58 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-408)	96
5.59 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-409)	97
5.60 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-410)	98
5.61 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-411)	98
5.62 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-412)	99
5.63 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-413)	100
5.64 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-414)	100
5.65 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-415)	101
5.66 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-416)	102
5.67 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-417)	102
5.68 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-418)	103
5.69 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-419)	104
5.70 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-420)	104
5.71 Speasifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-421)	105

5.72 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-422)	106
5.73 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-423)	106
5.74 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-424)	107
5.75 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-425)	108
5.76 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-426)	108
5.77 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-427)	109
5.78 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-428)	110
5.79 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-429)	110
5.80 Speasifikasi <i>Pompa</i> Utilitas (PU-430)	111
5.81 Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-401)	112
5.82 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CN-401).....	112
5.83 Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-402)	113
5.84 Spesifikasi <i>Air Dryeri</i> (AD-401).....	113
5.85 Spesifikasi <i>Compressor</i> (CO-401)	114
6.1 Kebutuhan Air Pabrik	116
6.2 Peralatan yang Meembutuhkan Air Pendingin	124
6.3 Peralatan yang Membutuhkan <i>Steam</i>	128
6.4 Syarat-syarat Kualitas (Mutu) Air Limbah	133
6.5 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	142
6.6 Pengendalian Variabel Utama Proses	143
7.1 Perincian Luas Tanah	153
8.1 Jadwal Pembagian Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	169
8.2 Jumlah Karyawan.....	170
8.3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	172
8.4 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	173
8.5 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Listrik dan Udara Instrument	174
8.6 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	175
9.1 <i>Fixed capital investment</i>	186
9.2 <i>Manufacturing cost</i>	188
9.3 <i>General expenses</i>	189
9.4 Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	193

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang besar, dengan wilayah laut dan darat yang cukup luas serta memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah. Saat ini Indonesia mengalami pemberantasan di berbagai sektor, mulai dari sektor pendidikan, kesehatan, pertanian, kelautan, energi dan industri. Pada sektor industri, Indonesia sudah cukup banyak memiliki pabrik atau industri yang berperan untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri secara mandiri, seperti industri pupuk, minyak dan gas, semen, batu bara, makanan, minuman, dan lain-lain.

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) di Indonesia sendiri semakin berkembang, dan hal tersebut berpengaruh terhadap banyaknya inovasi baru dalam berbagai bidang. Kemajuan IPTEK juga terjadi pada bidang perindustrian di Indonesia. Salah satu industri yang terus melakukan inovasi dan perkembangan adalah industri kimia. Perkembangan tersebut membuat kebutuhan produksi pada industri kimia yang terus meningkat baik kebutuhan bahan baku maupun kebutuhan bahan penunjang lainnya. Meskipun Indonesia memiliki banyak industri untuk memenuhi kebutuhannya sendiri, namun ada

beberapa kebutuhan yang sapi saat ini masih diimpor bahkan dengan jumlah yang sangat besar. Salah satu dari produk impor adalah *magnesium carbonate*. Magnesium pertama kali ditemukan di distrik Thesay tahun 1618 oleh seorang petani di Epson (Inggris). *Magnesium carbonate* memiliki kegunaan yang sangat banyak salah satunya yaitu sebagai bahan tambahan dalam bidang farmasi yang digunakan sebagai bahan tambahan untuk obat pencahar. Kebutuhan *magnesium carbonate* diperkirakan akan terus meningkat dengan seiring tingginya pertumbuhan konsumsi *magnesium carbonate* sebagai bahan bakau tambahan baik dalam bidang farmasi, kosmetik dan sebagai baku yang digunakan dalam bidang olahraga.

Tingginya kebutuhan *magnesium carbonate* harus diimbangi dengan peningkatan produksinya, sehingga kebutuhan akan *magnesium carbonate* dapat terpenuhi. Banyaknya permintaan dalam negeri belum diimbangi dengan ketersediaan akan *magnesium carbonate*, sehingga Indonesia masih mengimpornya dari berbagai negara. Di Indonesia sendiri belum terdapat perusahaan yang memproduksi *magnesium carbonate*, sehingga pendirian pabrik *magnesium carbonate* di Indonesia memiliki prospek yang sangat baik untuk dikembangkan. Sehingga sangat tepat apabila di Indonesia didirikan pabrik *magnesium carbonate*, dengan tujuan utama yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang cenderung meningkat setiap tahunnya, mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, dan membuka lapangan pekerjaan baru untuk mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

1.2 Kegunaan Produk

Kegunaan dari *magnesium carbonate* sendiri, yaitu :

1. Di dalam bidang kesehatan *magnesium carbonate* merupakan asam basa yang digunakan sebagai antasida yang berguna untuk menetralkan asam lambung yang berlebihan. Selain itu *magnesium carbonate* juga digunakan sebagai bahan baku eksipien atau bahan pengencer. *Magnesium carbonate* juga digunakan di dalam pasta gigi.
2. *Magnesium carbonate* digunakan untuk reflektor dan bahan isolasi.
3. Di dalam bidang olahraga *magnesium carbonate* dapat digunakan sebagai pengering tangan dari keringat yang banyak digunakan Liem pemanjat tebing, angkat besi, dan lain sebagainya.
4. *Magnesium carbonate* juga digunakan untuk pengisi kertas, plastik, dan karet serta untuk penebalan tinta cetak. Selain itu *magnesium carbonate* dengan kemurnian tinggi dapat digunakan dalam kosmetik.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) adalah *magnesium chloride* ($MgCl_2$) dan *sodium carbonate* (Na_2CO_3). Untuk bahan baku yang digunakan semua merupakan bahan baku yang diimpor dari China. Hal tersebut dikarenakan belum tersedianya bahan baku tersebut di Indonesia, namun hal ini tidak menjadi kendala karena China merupakan negara dengan produksi *magnesium chloride* sebanyak 4.000.000 ton/tahun (Hou dan Zheng, 2014), sedangkan untuk *sodium carbonate* China memproduksi sebanyak 14.210.000 ton/tahun (USGS Mineral Yearbook, 2005).

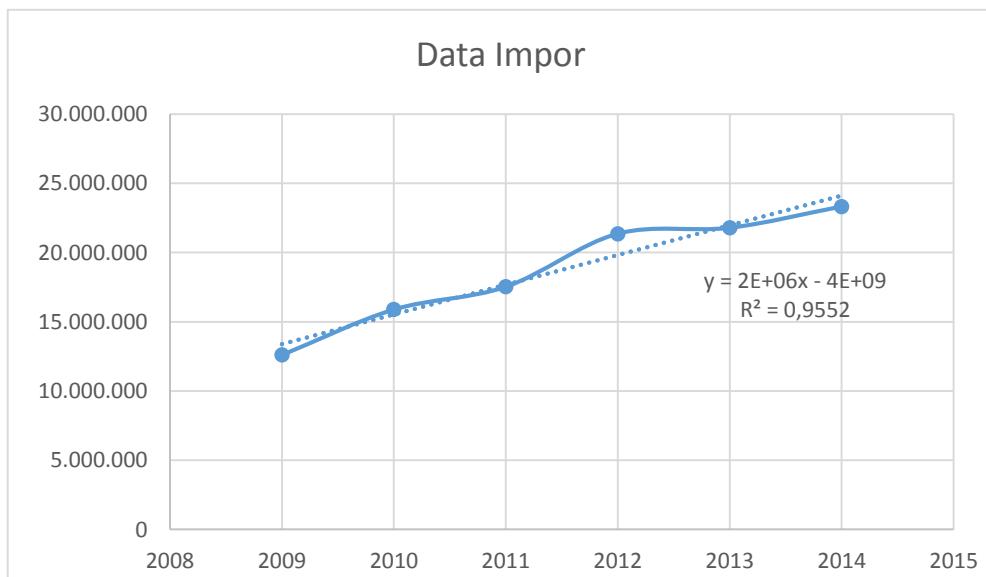
1.4 Analisis Pasar

Kebutuhan akan *magnesium karbonat* di Indonesia diperkirakan akan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan akan *magnesium carbonate* sampai saat ini harus diimpor dari luar negeri. Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik, maka impor *magnesium carbonate* dari tahun 2009 sampai tahun 2014 adalah sebagai berikut :

Tabel 1.1 Jumlah kebutuhan impor *magnesium carbonate* di Indonesia

Tahun	Tahun Ke	Jumlah kebutuhan impor Indonesia (kg)
2009	1	12.607.358
2010	2	15.885.900
2011	3	17.528.907
2012	4	21.357.384
2013	5	21.783.370
2014	6	23.318.753

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015



Gambar 1.1 Kebutuhan Impor MgCO₃ di Indonesia

(Sumber Badan Pusat Statistik 2015)

Berdasarkan grafik di atas didapatkan persamaan :

$$\begin{aligned}
 Y(x) &= 2E+6x - 4E+09 \\
 &= 2E+6(2020) - 4E+09 \\
 &= (2.000.000 \times 200) - 4.000.000.000 \\
 Y(x) &= 40.000.000 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Diana Y adalah prediksi kebutuhan impor *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) pada tahun tertentu dan x adalah tahun Diana pebrik akan didirikan. Oleh karena itu pabrik *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) di Indonesia pada tahun 2020 diprediksi yaitu sebesar 40.000 ton. Di Indonesia sendiri belum terdapat pabrik yang memproduksi *magnesium carbonate*, sehingga produksi *magnesium carbonate* di Indonesia tidak ada. Sementara itu *magnesium carbonate* telah diproduksi di negara seperti China, Australisa dan lainnya. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Jumlah produksi *magnesium carbonate* di dunia

Negara	Jumlah Produksi
Australia	100.000 ton/tahun
China	50.000 ton/tahun
Greenlad	1,7 ton/tahun
Yordania	60.000 ton/tahun
Belanda	10.000 ton/tahun
Turki	5.000 ton/tahun

Pabrik *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) ini direncanakan akan mulai beroperasi pas awal tahun 2020. Besarnya kapasitas produksi pabrik ini dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik tersebut. Dari sisi teknik, besarnya kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi besarnya dimensi perancangan peralatan proses yang digunakan. Apabila ditinjau dari sisi ekonomi, maka besarnya kapasitas produksi satu pabrik dapat menentukan besar atau kecilnya keuntungan yang diperoleh oleh pabrik tersebut. Oleh karena itu, maka pabrik *magnesium carbonate* ini didirikan untuk dapat memenuhi kebutuhan impor di dalam negeri.

Sehingga pabrik *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) ini direncanakan memiliki kapasitas 75% dari kebutuhan impor. Sehingga produksi $MgCO_3$ sebesar 30.000 ton/tahun pada tahun 2020. Adapun beberapa hal yang mendasari dalam pemilihan kapasitas tersebut adalah untuk dapat mengurangi kebutuhan impor di dalam negeri, memicu berdirinya industri lainnya yang memiliki bahan baku *magnesium carbonate*, membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran yang ada.

1.5 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan suatu pabrik kimia. Beberapa faktor yang dapat dijadikan dalam pemilihan lokasi pabrik *magnesium carbonate* dengan kapasitas 30.000 ton/tahun rencana pendiriannya di daerah Serang, Banten

tepatnya di Jl. Raya Bojonegara, Serang, Banten. Lokasi ini dipilih karena pertimbangan sebagai berikut :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *magnesium cabronate* berasal dari China. *Magnesium chloride* diimpor dari Henan Bigment Commerce Co., Ltd dengan kapasitas suplai hingga 2.000 ton/bulan, sedangkan *sodium carbonate* diimpor dari Zibo Yishun Ceramic Pigment & Glaze Co., Ltd dengan kapasitas suplai hingga 5.000 ton/bulan. Sehingga alasan pendirian pabrik di lakukan di daerah Kawasan Industri Serang, Banten karena dekat dengan pelabuhan PT Pelabuhan Indonesia II dengan jarak 21,7 km dari lokasi pabrik yang akan didirikan. Selain dekat dengan pelabuhan, Provinsi Banten merupakan salah satu jalur sutera untuk perdangan.



Gambar 1.2 Peta Letak Pabrik

2. Fasilitas Transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Banten memiliki sarana transportasi darat yang cukup baik juga pelabuhan yang cukup besar yaitu PT Pelabuhan Indonesia II, sebagai transportasi udara Banten juga memiliki bandara Soekarno Hatta . Tersedia sarana transportasi darat, laut dan udara dapat menghubungkan Banten dengan kota-kota lain sehingga dapat memperlancar distribusi hasil produksi dan diharapkan hubungan antar daerah tidak mengalami hambatan.

3. Unit Pendukung (Utilitas)

Fasilitas yang terdiri dari penyediaan air, bahan bakar dan listrik mengharuskan lokasi pabrik dekat dengan sumber tersebut. Kebutuhan pabrik akan air sangat banyak, untuk itu diperlukan lokasi yang dapat memenuhiya. Banten juga memiliki beberapa sumber air yang dapat digunakan untuk keperluan air pabrik, seperti Sungai Ujung Kulon, Sungai Cibaliung, Sungai Ciujung, Sungai Rawadano, Sungai Teluk Lada, dan Sungai Cisadane. Untuk kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT Pertamina RU-VI Balongan, untuk kebutuhan akan listrik didapat dari PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan generator sendiri.

4. Lahan

Meskipun harga tanah di Banten lebih mahal, namun nilai investasinya cukup tinggi karena Banten merupakan daerah kawasan industri yang akan terus berkembang.

5. Tenaga Kerja

Daerah Serang, Banten merupakan daerah yang memiliki banyak industri, sehingga kepadatan penduduknya pasti tinggi. Disana juga terdapat universitas-universitas ternama sehingga tenaga kerja terdidik dan tidak terdidik dapat tercukupi.

6. Karakterisasi lokasi

Karakterisasi lokasi menyangkut iklim di daerah tersebut, yang tidak rawan terjadinya banjir. Dalam hal ini daerah Serang, Banten bisa digunakan sebagai lokasi pendirian pabrik *magnesium carbonate*.

7. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan Industri. Sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Magnesium Carbonate* dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 27,55% dan sesudah pajak sebesar 22,04%
2. *Pay Out Tima* (POT) sesudah pajak 4,78% tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46,79% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,55%, yakni batas kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti beroperasi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 28%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2. Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik *Magnesium Carbonate* dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk dikasi lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2016. *Peta Provinsi Banten*. Google Maps, 2016. Diakses pada 25 Mei 2016 .
- Anonymous. 2016. Kurs BI. (www.bi.go.id Oktober 2016). Di akses Oktober 2016
- Alibaba Group. 2015. *Product Price*. <http://www.alibaba.com>. Diakses pada 15 Juni 2015.
- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*. Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Badan Pusat Statistik, 2015, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia Diakses 25 Januari 2015.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1955. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Boonsongsup, L., Lisa, K., and Jr. Frederick, W.J. 1997. *Kinetics of the Sulfation of NaCl at Combustion Conditions*. Department of Chemical Engineering, Oregon State University. Corvallis. Oregon: 97331
- Brown, G.George. 1950. *Unit Operation 6^{ed}*. Wiley & Sons; USA.
- Brownell, Lloyd E., and Edwin H. Young. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. : New York.

- C.R. Nave. 2014. *Saturated Vapor Pressure, Density for Water.*
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>. Diakses pada 15 September 2014.
- Cheremisinoff, N.P. 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann: USA.
- Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Couper, J.R. and Penney, W.R. 2005. *Chemical Process Equipment Selection and Design 2nd ed.* Elsevier Inc.:USA.
- Fogler, H. Scott. 1999. *Elements of Chemical Reaction Envgineering*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Garrett, Donald E. 2001. *Sodium Sulfate Handbook of Deposits, Processing, Properties, and Use*. Academic Press: USA.
- Geankolis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd edition*. Prentice Hall : New Jersey.
- Gerald Purvish, 2004. *Consultant Geologist*. Launceston
- Goldberg, R.N. and Parker, V.B. 1985. *Thermodynamics of Solution of SO₂(g) in Water and of Aqueous Sulfur Dioxide Solutions*. National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD: 20899
- Gonzales, J., Torren-Sucarrat, M. and Anglada, J.M. 2009. *The Reactions of SO₃ with HO₂ Radical and H₂O-HO₂ Radical Complex: Theoretical Study on the Atmospheric Formation of HSO₅ and H₂SO₄*. DOI: 10.1039/b916659a.
- Hanna Knuutila, Olav Juliussen, Hallvard F. Svendensen. 2014. *Kinetics of the reaction of carbon dioxide with aqueous sodium and potassium carbonate solutions*. Chemical Engineering Science 65 (2010) 6077-6088

Himmeblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.

Kestin, Joseph, Khalifa, H.E. and Correia, R.J. 1981. *Tables of the Dynamic and Kinematic Viscosity of Aqueous NaCl Solutions in the Temperature Range 20-150oC and the Pressure Range 0,1-35 MPa*. Division of Engineering. Brown University. Providence, RI: 02912.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Co. : New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F. 2006. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4nd ed., vol. 17. John Wiley and Sons Inc. New York.

Levenspiel, Octave. 1995. *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. John Wiley & Sons, Inc. : New York.

Macsteel VRN. 2014. SAF 2205 Technical Data.

<http://www.macsteel.co.za/files/macsteel>. Diakses pada 10 April 2014.

Mc Cabe, W.L. and Smith, J.C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga: Jakarta.

Megyesy, E.F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Pressure Vessel Publishing Inc., USA.

Mehta, R.P. 2011. Cooling Tower (CT) Principle. <http://chemicalfiles.blogspot.com>. Diakses pada 27 September 2014.

Moran, M.J. and Shapiro, H.N. 2004. *Termidinamika Teknik 4th edition*. Terjemahan oleh: Nugroho, Y.S. Erlangga: Jakarta.

Moss, Dennis R. 2004. *Pressure Vessel Design Manual 3rd Edition*. Elsevier Publishing Inc., USA.

Mott Corporation. 2014. Sparging/Gas-Liquid Contacting: Design Guide & Part Selection. Farmington.

- Mullin, J.W. 2001. *Crystallization 4th edition.* Reed Educational and Professional Publishing Ltd. Oxford: London.
- NIST Chemistry WebBook. 2013. *Thermochemical Data.* <http://webbook.nist.gov>, 2015. Diakses pada 25 November 2015
- NIST Chemistry WebBook. 2015. *Thermochemistry Data.* <http://webbook.nist.gov>, 2015. Diakses pada 25 November 2015
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition.* McGraw Hill : New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition.* McGraw Hill : New York.
- Portland Oregon. 2014. *Caustic Soda for Water Treatment.* <http://www.portlandoregon.gov>. Diakses pada 27 September 2014.
- Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry, Ed. 1st.* Mc Graw Hill Book Company : London.
- Pradyot Patnaik, Ph.D, 2002. *Handbook of Inorganic Chemicals.* Mc Graw Hill Book Company, New York
- Raju, 1995, *Water Treatment Process*, McGraw Hill International Book Company, New York
- Shahla Gondal, Usman M, Monteiro J.G.M. S, Svendsen H.F, Knuutila H. Vle Apparent Henry Law Constant Modeling of Aquoes Solutions of Unloaded and Loaded Hydroxides of Lithium, Sodium and Potassium. Departement of Chemical Engeneering, Norwegian University of Science and Technology, N-7491 Trondheim, Norway

Sandvik Materials Technology. 2014. Sandvik SAF 2205.

<http://www.smt.sandvik.com>, 2014. Diakses pada 10 April 2015.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*. McGraw-Hill Book Company: New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball, R.E. 1983. *Mass Transfer Operation 3^{ed}*. McGraw-Hill Book Company: New York.

Ullmann. 2007. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. VCH Verlagsgesell Scahft. Wanheim: Germany.

Ulrich.G.D. 1987. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc: New York.

Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co. New York

https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=e9z8VonAAYGGeuQSlvIDYDg#q=i+dollar+hongkong+berapa+rupiah diakses pada tanggal 28 September 2016