

**PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM KARBONAT DARI  
KALSIUM OKSIDA DAN KARBON DIOKSIDA**

**KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**



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

**Oleh :**

**IIS LARASWATI**

**21150274D**

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

**2023**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

#### PRARANCANGANPABRIK PEMBUATAN KALSIUM KARBONAT DARI KALSIUM OKSIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 20.000 TON PERTAHUN

Oleh :

IIS LARASWATI

21150274D

Telah Disetujui Oleh Pembimbing

Pada Tanggal 15 Januari 2023

Pembimbing I

  
Dr. Supriyono, S.T., M.T  
NIS.01199508011049

Pembimbing II

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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

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

## LEMBAR PENGESAHAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

#### PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM KARBONAT DARI KALISUM OKSIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Oleh :

Iis Laraswati

21150274D

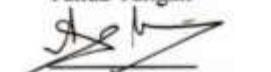
Telah Dipertahankan Oleh Tim Penguji

Pada Tanggal 25 Januari 2023

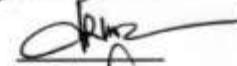
Nama

Tanda Tangan

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



Penguji II : Ir. Argoto Mahayana, S.T., M.T



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



Penguji IV : Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng



Mengetahui,



Dr. Suseno, M.Si.  
NIS.01199408011044

Kepala Program Studi



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

## KATA PENGANTAR

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

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Kalsium Karbonat dari Kalsium Oksida dan Karbon Dioksida kapasitas 20.000/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.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
3. 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.
4. Ir. Argoto Mahayana, St., 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. Orang tua dan adik- adik yang telah membantu dan memberikan semangat untuk mengerjakan tugas akhir.
7. 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, 14 januari 2023



Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
INTISARI .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2 Kapasitas Rancangan .....	1
1.3 Lokasi .....	3
1.4 Proses yang dipilih.....	6
1.5 Tinjauan Pustaka.....	8
<b>BAB II SPESIFIKASI BAHAN .....</b>	<b>13</b>
2.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	13
2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu .....	13
2.3 Spesifikasi produk .....	14
<b>BAB III DESKRIPSI PROSES.....</b>	<b>15</b>
3.1 Langkah Proses.....	15
3.2 Diagram Alir Kualitatif .....	17
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>19</b>
4.1 Neraca Massa.....	19
4.2 Neraca Panas.....	24
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT .....</b>	<b>30</b>
5.1 SILO PENYIMPANAN CAO .....	30
5.2 MIXER .....	30
5.3 REAKTOR LULUHAN .....	31
5.4 CENTRIFUGE .....	32
5.5 BALL MILL .....	32
5.6 SCREEN .....	33
5.7 TANGKI MEA .....	33
5.8 ROTARY DRYER .....	34

5.9	TANGKI.....	35
5.10	BELT VONVEYER .....	35
5.11	BELT CONVEYER II.....	36
5.12	BUCKET ELEVATOR .....	37
5.13	SILO CaCO3 .....	37
<b>BAB VI</b>	<b>UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS) .....</b>	<b>39</b>
6.1	Unit Pendukung Proses (Utilitas) .....	39
6.2	Tahapan-tahapan pengolahan air .....	42
6.3	Unit Pengadaan Listrik .....	44
6.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	46
6.5	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	46
6.6	Unit Pengolahan Limbah .....	46
6.7	Laboratorium .....	47
6.8	Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	48
6.9	Alat – Alat Utilitas.....	49
<b>BAB VII</b>	<b>ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>53</b>
7.1	Bentuk Perusahaan .....	53
7.2	Struktur Organisasi .....	54
7.2.1	Pemegang Saham.....	54
7.2.2	Dewan Komisaris.....	54
7.2.3	Direktur.....	55
7.2.4	Staf Ahli dan Litbang.....	55
7.2.5	Kepala Bagian.....	56
7.2.6	Karyawan .....	57
7.3	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	58
7.3.1	Sistem Kepegawaian.....	58
7.3.2	Sistem Gaji.....	58
7.3.3	Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	61
7.4	Kesejahteraan Karyawan .....	62
7.5	Manajemen Produksi .....	66
7.3.4	Perencanaan Produksi .....	66
7.3.5	Pengendalian Proses .....	67
7.6	Tata Letak ( <i>Lay Out</i> ) Pabrik.....	68
7.7	Tata Letak Peralatan .....	72

BAB VIII EVALUASI EKONOMI.....	75
8.1 Perhitungan Biaya.....	77
8.2 Total <i>Fixed Capital Investment</i> .....	79
8.3 <i>Working Capital</i> .....	79
8.4 <i>Manufacturing cost</i> .....	80
8.5 <i>General Expenses</i> .....	80
8.6 Analisis Ekonomi .....	81
BAB IX KESIMPULAN .....	84
LAMPIRAN .....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data impor Kalsium Karbonat di Indonesia .....	2
Tabel 2. Daftar Pabrik Kalsium Karbonat di dunia .....	3
Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Kalsium Karbonat .....	7
Tabel 4. Harga $\Delta H_f^0$ pada suhu 298,15 K (25°C) sebagai berikut : .....	9
Tabel 5. Harga $\Delta G_f^0$ untuk masing – masing komponen298K.....	10
Tabel 6. Neraca Massa di sekitar Mixer .....	20
Tabel 7. Neraca massa di sekitar ESP .....	20
Tabel 8. Neraca massa di sekitar absorber .....	20
Tabel 9. Neraca massa di sekitar stripper .....	21
Tabel 10. Neraca massa di sekitar reaktor.....	21
Tabel 11. Neraca massa di sekitar Rotary Dryer .....	23
Tabel 12. Neraca massa di sekitar Ball mill .....	23
Tabel 13. Neraca massa di sekitar screen .....	24
Tabel 14. Kebutuhan air pendingin .....	41
Tabel 15. Kebutuhan air sanitasi .....	41
Tabel 16. Kebutuhan air untuk steam.....	42
Tabel 17. Luas bangunan pabrik.....	70
Tabel 18. Cost index chemical plant .....	76
Tabel 19. Manufacturing cost.....	80
Tabel 20. General expenses .....	80
Tabel 21. Fixed cost.....	82
Tabel 22. Variable cost.....	82
Tabel 23. Regulated cost .....	82
Tabel 24. Analisis kelayakan ekonomi.....	84

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Grafik hubungan jumlah impor Kalsium Karbonat dan waktu (tahun) .....	2
Gambar 2. Peta lokasi industri.....	4
Gambar 4. Jadwal karyawan.....	62
Gambar 5. Struktur Organisasi industri .....	65
Gambar 6. Tata letak pabrikskala 1:100 .....	71
Gambar 7. Gambaran tata letak peralatan .....	74
Gambar 8. Grafik hubungan tahun dengan cost index .....	76
Gambar 9. Grafik BEP dan SDP .....	83

## INTISARI

Prarancangan pabrik Kalsium Karbonat dari Kalsium Oksida dan Karbon Dioksida memberikan prospek yang sangat cerah dalam dunia perindustrian. Pabrik tersebut direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun yang akan didirikan pada tahun 2024, lokasi pabrik berada di Probolinggo. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Pembuatan Kalsium Karbonat menggunakan proses pemurnian yang berlangsung pada fase cair gas dan padat dengan menggunakan reaktor *batch* dengan kondisi tekanan 1 atm, suhu 90°C. Reaksi berlangsung secara *endotermis* dan searah. Produk berupa Kalsium Karbonat sebesar 2525,25 kg/jam. Kapasitas kebutuhan listrik *generator set* sebesar 600 kW, bahan bakar solar total sebanyak 0,081m<sup>3</sup>/jam dan udara tekan sebesar 50 m<sup>3</sup>/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp317.659.654.074,94 dan modal kerja Rp 30.980.695.222,34 Keuntungan sebelum pajak Rp 48.507.175.384,99 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp 14.552.152.615,50 pertahun. *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 22,012 % dan setelah pajak 15,408 %, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 3,12 tahun dan setelah pajak 3,93 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 41,122 %, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 16,086 % dan *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 7,9%. Dari data analisis kelayakan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak didirikan

Kata kunci : Kalsium Karbonat, Proses pemurnian

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Dalam upaya bersama untuk meningkatkan kinerja perekonomian nasional, sektor industri kimia tetap menjadi salah satu tumpuan dan harapan. Peluang yang cukup baik dalam sektor industri kimia dimasa-masa yang akan datang diharapkan mampu berperan dalam meningkatkan pendapatan negara. Kondisi tersebut sangat ditunjang dengan kebijakan pemerintah Indonesia dalam bidang industri kimia yang mendukung berkembangnya industri-industri kimia. Selain itu, peningkatan kegiatan penelitian dan pengembangan di bidang teknologi industri merupakan salah satu faktor penunjang dalam mempercepat pertumbuhan industri-Industri di Indonesia.

Sebagaimana diketahui pemanfaatan sumber daya alam dalam bidang industri khususnya dalam bidang industri kimia merupakan tantangan terhadap pendirian pabrik-pabrik kimia di Indonesia, dimana hal ini akan berdampak positif terhadap bangsa Indonesia. Salah satunya dapat mengurangi pengangguran dan meningkatkan taraf hidup serta menambah devisa negara. Selain itu pembangunan industri kimia diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara luar.

Sehubungan dengan hal tersebut maka dibuatlah suatu prarancangan pabrik pembuatan Kalsium Karbonat. Kalsium karbonat merupakan salah satu produk kimia yang berasal dari pemanfaatan Kalsium Oksida. Adapun kegunaan Kalsium Karbonat ini sangat luas terutama dipakai sebagai bahan baku pabrik cat, tapal gigi, kosmetik, industri kertas dan sebagainya.

Maka dari itu Kalsium Karbonat merupakan komoditi yang perlu dipertimbangkan pembuatannya di Indonesia, terutama makin ketatnya persaingan dalam dunia industri. Sehingga kebutuhan akan Kalsium Karbonat di Indonesia

dapat terpenuhi dan dapat meningkatkan nilai tambah ekonomis bagi bangsa umumnya dan masyarakat Indonesia Industri khususnya.

#### **1.2 Kapasitas Rancangan**

Penentuan kapasitas produksi pabrik Kalsium Karbonat berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Data import produk
2. Kapasitas pabrik yang sudah ada

### 1.2.1 Data import produk

Penentuan kapasitas perancangan pabrik kalsium karbonat berdasarkan kebutuhan di Indonesia dari tahun ketahun diperoleh dari data Badan Pusat Statistik. Dari tabel dibawah ini dapat diketahui data impor kalsium karbonat dari tahun 2014-2018 di Indonesia diperoleh data peningkatan import kebutuhan Kalsium Karbonat di Indonesia per tahunnya.

**Tabel 1. Data impor Kalsium Karbonat di Indonesia**

No	Tahun	Jumlah
1.	2014	64505.237
2.	2015	71368.548
3.	2016	75991.071
4.	2017	95212.394
5.	2018	109557.034

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2018)

Pada Tabel 1. mnunjukkan bahwa impor di Indonesia cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Perkiraan impor Kalsium Karbonat pada tahun 2024 di Indonesia dapat dilakukan dengan cara regresi linier dari data di atas. Regresi linier untuk data impor ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Grafik hubungan jumlah impor Kalsium Karbonat dan waktu (tahun)**

Dari gambar 1. diperoleh persamaan  $y = 11395x - 2 \times 10^7$  dengan nilai  $R^2 = 0,9406$ , sehingga diperkirakan kebutuhan Kalsium Karbonat pada tahun 2024 sebesar 3.063.480 ton/tahun.

Dikutip dari Zaiba.com untuk kebutuhan impor ASEAN yaitu negara Malaysia, Thailand, dan Vietnam dalam tabel 2. Berdasarkan data diatas diharapkan dapat memenuhi kebutuhan

impor kalsium karbonat di Indonesia dan negara ASEAN khususnya Malaysia.

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pada pabrik Kalsium Karbonat ini adalah Kalsium Oksida (CaO), Air (H<sub>2</sub>O) dan Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>). Bahan baku kalsium oksida dapat diperoleh dari PT. Twiji Kimia Sidoarjo Jawa Timur dengan kapasitas produksi sebesar 36.000 ton per tahun. (indochemical, 2020). Gas karbon dioksida dapat diperoleh dari *filling station* PT. TIRA AUSTENITE di Gresik Jawa Timur (tiraaustenite.com, 2020)

### 1.2.3 Kapasitas Pabrik yang sudah ada

Kapasitas rancangan minimum pabrik kalsium karbonat dapat diketahui dari data kapasitas pabrik yang sudah ada di dalam maupundi luar negeri.

**Tabel 2. Daftar Pabrik Kalsium Karbonat di dunia**

Negara	Pabrik	Kapasitas ton/tahun
Indonesia	PT. Bumi Kencana Chemical Industry	24.000
Indonesia	PT. Cicatih Putra Sukabumi	300.000
Indonesia	PT. Camco Omya	442.000
China	Jiangxi Bairui Calcium Crbonate	15.000
China	Guangdong Ximi New Carbonate	72.000

Berdasarkan Tabel 2. Kapasitas pabrik Kalsium Karbonat di dunia berkisar 24.000-500.000 ton/tahun, sehingga kapasitas minimum perancangan pabrik kalsium karbonat yang masih layak didirikan di Indonesia adalah 20.000 ton/tahun.

Prarancangan pabrik kalsium karbonat direncanakan pada tahun 2024 dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Prediksi kebutuhan di Indonesia (data impor kalsium karbonat) pada tahun 2024 adalah sebesar 3.063.480 ton/tahun
2. Kebutuhan Kalsium Karbonat semakin besar sehingga perlu didirikan *plant* baru.

### 1.3 Lokasi

Secara geografis, penentuan pabrik dapat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang. Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis, dan menguntungkan dipengaruhi berbagai faktor. Pemilihan lokasi

pabrik harus tepat berdasarkan letak pabrik dekat dengan sumber bahan baku, transportasi, pasaran produk, tenaga kerja, dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Timmerhause, 2004). Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka Pabrik Kalsium Karbonat ini direncanakan berlokasi di kawasan industri Probolinggo, Jawa Timur.



**Gambar 2. Peta lokasi industri**

### 1.3.1 Faktor Primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitasnya. Faktor utama yang menentukan pabrik adalah (Bernasconi, 1995) :

a. Letak pasar

Pabrik yang letaknya dekat dengan pasar dapat lebih cepat melayani konsumen, sedangkan biayanya juga lebih murah terutama biaya angkutan. Daerah Probolinggo merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik, karena dekat dengan pengambilan bahan baku dan terkenal dengan daerah industri sehingga lebih memudahkan dalam proses pemasaran produk.

b. Letak sumber bahan baku

Idealnya, sumber bahan baku tersedia dekat dengan lokasi pabrik. Hal ini lebih menjamin penyediaan bahan baku, setidaknya dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku, terutama untuk bahan baku utama (CaO).

c. Fasilitas pengangkutan

Pertimbangan-pertimbangan pengangkutan bahan baku dan produk menggunakan angkutan darat dan laut, dengan adanya fasilitas jalan tol dan jalan raya yang baik maka pemilihan lokasi di Probolinggo sangatlah tepat.

d. Utilitas

Ketersedian sarana pendukung seperti air dan listrik guna proses industri harus diperhatikan. Kebutuhan air dapat diperoleh dari Sungai Koloran. Listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator sebagai cadangan bila PLN ada gangguan.

### 1.3.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder antara lain adalah :

a. Harga tanah dan gedung

Harga tanah dan gedung yang murah merupakan daya tarik tersendiri. Perlu dikaitkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin hanya dapat diperoleh luas tanah yang terbatas, sehingga perlu dipikirkan untuk membuat bangunan walaupun pembangunan gedungnya lebih mahal.

b. Kemungkinan perluasan

Perlu diperhatikan apakah perluasan dimasa yang akan datang dapat dikerjakan di satu tempat atau perlu lokasi lain, apakah di sekitar sudah banyak pabrik lain. Hal ini menjadi masalah tersendiri dalam hal perluasan pabrik di masa mendatang.

c. Fasilitas servis

Terutama untuk pabrik yang relatif kecil yang tidak memiliki bengkel sendiri. Perlu dipelajari adanya bengkel-bengkel di sekitar daerah tersebut yang mungkin diperlukan untuk perbaikan alat-alat pabrik. Perlu juga dipelajari adanya fasilitas layanan masyarakat, misalnya rumah sakit umum, sekolah-sekolah, tempat-tempat ibadah, tempat-tempat kegiatan olahraga, tempat-tempat rekreasi, dan sebagainya. Pabrik yang besar, mungkin beberapa fasilitas tersebut dapat dilayani sendiri walaupun merupakan beban tambahan. Keuntungannya selain merupakan daya tarik bagi pekerja, juga membantu penjagaan kesehatan fisik dan mental sehingga efisiensi kerja dapat tetap dipertahankan.

d. Fasilitas finansial

Perkembangan perusahaan dibantu oleh fasilitas finansial, misalnya adanya pasar modal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya. Fasilitas tersebut akan lebih membantu untuk memberikan kemudahan bagi suksesnya dalam usaha pengembangan pabrik.

e. Peraturan daerah setempat

Peraturan daerah setempat perlu dipelajari terlebih dahulu mungkin terdapat beberapa persyaratan atau aturan yang berbeda dengan daerah lain.

f. Masyarakat daerah

Sikap, tanggapan dari masyarakat daerah terhadap pembangunan pabrik perlu diperhatikan dengan seksama, karena hal ini akan menentukan perkembangan pabrik di masa yang akan datang. Keselamatan dan keamanan masyarakat perlu dijaga dengan baik. Hal ini merupakan suatu keharusan sebagai sumbangan kepada masyarakat.

g. Keadaan tanah

Sifat-sifat mekanika tanah dan tempat pembangunan pabrik harus diketahui. Hal ini berhubungan dengan rencana pondasi untuk alat-alat, bangunan gedung, dan bangunan pabrik.

#### 1.4 Proses yang dipilih

Macam- macam proses pembuatan Kalsium Karbonat secara umum dikelompokkan menjadi 2 golongan yaitu :

a. Proses *Foster Wheeler Energy*

b. Proses pemurnian  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  untuk Menghasilkan Endaoan  $\text{CaCO}_3$

a. Proses *Foster Wheeler Energy*

Pada proses ini sebelum masuk reaktor *carbide lime hydrat* dihomogenkan dulu di dalam *mixed tank* dengan penambahan air untuk membentuk *slurry calcium carbonat* pada temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm. Di dalam reaktor, slurry Kalsium Karbonat dikontakkan dengan gas karbon dioksida pada temperatur 16 °C dan tekanan 20 atm.

Reaksi yang terjadi adalah :



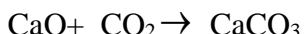
Selanjutnya Kalsium Karbonat yang terbentuk dimasukkan ke unit purifikasi untuk dikeringkan, sehingga diperoleh Kalsium Karbonat dalam bentuk powder.

b. Proses Pemurnian CaO untuk Menghasilkan Endapan  $\text{CaCO}_3$

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah Kalsium Oksida. Untuk memperoleh endapan Kalsium Karbonat terlebih dahulu Kalsium Oksida dihomogenisasikan dengan penambahan air sehingga terbentuk slurry CaO dalam unit mixer.

Sebelum akhirnya slurry CaO yang cukup murni dimasukkan kedalam reactor dengan suhu diatas  $35^\circ\text{C}$  tekanan 2 atm, dimana gas  $\text{CO}_2$  yang telah dipisah dari impurities diunit *stripper* dialirkan kedalam *reactor*. Kemurnian yang dihasilkan sekitar 99%.

Reaksi yang terjadi pada unit *reactor* adalah :



**Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Kalsium Karbonat**

Proses	Kondisi Operasi
Foster Wheeler Energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan reaktor tinggi ( 20 atm )</li> <li>• Proses produksi lebih kompleks</li> <li>• Bahan baku harus memiliki ukuran partikel maksimal 45 mikron</li> </ul>
Proses Pemurnian CaO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan reaktor rendah ( 2 atm )</li> <li>• Harga bahan baku yang lebih murah</li> <li>• Kemurnian produk bisa mencapai 99%</li> <li>• Produk yang dihasilkan lebih halus</li> </ul>

Berdasarkan perbandingan proses diatas, maka dipilih proses pemurnian CaO slurry untuk menghasilkan endapan  $\text{CaCO}_3$  dengan pertimbangan dari segi harga bahan baku pada proses pemurnian CaO relatif lebih murah dibandingkan dengan proses *foster wheeler energi*

## 1.5 Tinjauan Pustaka

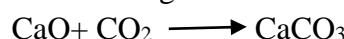
1.5.1 Kegunaan Kalsium Karbonat dalam kehidupan sehari-hari dan industri :

- Pada bidang farmasi, kalsium karbonat digunakan sebagai bahan *antacid* atau zat anti asam. Kalsium karbonat juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan suplemen kalsium untuk pengobatan osteoporosis.
- Pada bidang pertanian, Kalsium Karbonat digunakan untuk meningkatkan penyerapan zat-zat hara penting, seperti nitrogen, fosfat dan kalium dari dalam tanah yang bersifat asam oleh tanaman.
- Pada bidang pertambangan, kalsium karbonat dimanfaatkan untuk proses pemurnian dan pemisahan besi dari bijih besi.
- Pada industri gelas, baja dan kertas, kalsium karbonat digunakan dengan cara didekomposisikan menjadi karbon dioksida dan kapur. Kalsium Karbonat digunakan pada pembuatan glossy paper dan kertas bebas asam.
- Pada bidang lingkungan, untuk menenralisir pH asam pada air sungai karena hujan asam, maka digunakanlah kalsium karbonat.
- Kalsium karbonat adalah mineral terbaik, yang digunakan sebagai bahan coating pada industri kertas.
- Kalsium karbonat adalah salah satu bahan yang digunakan pada industri pembuatan semen portland.
- Bahan pengembang untuk kue yaitu baking powder terbuat dari kalsium karbonat.
- Kapur papan tulis yang digunakan di sekolah juga terbuat dari kalsium karbonat.
- Bahan pembuat Pasta Gigi atau odol juga menggunakan bahan kimia ini sebagai bahan bakunya.

1.5.2 Proses pembuatan yang dipilih

Dasar Reaksi, Konversi

Reaksi pembentukan Kalsium Karbonat dengan mereaksikan CaO dan gas CO<sub>2</sub> :



(Sumber US. Paten No. 0089466.)

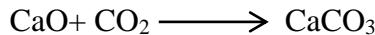
a.) Kondisi Operasi

Dalam pembuatan Kalsium Karbonat slurry Kalsium Hidroksida akan dikontakkan dengan gas Karbon Dioksida didalam reaktor pada kondisi operasi suhu 35°C, tekanan 2 atm dan konversi sebesar 95%.

(Sumber US. Paten No. 0089466.)

b.) Mekanisme Reaksi

Reaksi utama yang terjadi pada reaktor ,yaitu :



a. Tinjauan Termodinamika

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah :



**Tabel 4. Harga  $\Delta H_f^0$  pada suhu 298,15 K (25°C) sebagai berikut :**

Komponen	$\Delta H_f^0$ (kJ/mol), 298,15K
CaO	-635,5
CO <sub>2</sub>	393.5136
CaCO <sub>3</sub>	-1211,268
H <sub>2</sub> O	-285,84

$$\begin{aligned} \Delta H_f^0 \text{ pada } 298,15 \text{ K} &= \Delta H_f^0 \text{produk} - \Delta H_f^0 \text{reaktan} \\ &= (\Delta H_f^0 \text{CaCO}_3) - (\Delta H_f^0 \text{CaO} + \Delta H_f^0 \text{CO}_2) \\ &= -969,2816 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

**Tabel. 5 Harga  $\Delta H_r$  pada suhu 308,15K (35°C) sebagai berikut :**

Komponen	Cp (kJ/mol.K)
CaO	48,162
CO <sub>2</sub>	38,7337
CaCO <sub>3</sub>	20,1045
H <sub>2</sub> O	86,4391

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan}} \text{ pada } 308,15 &= \sum \text{Cp} \cdot \Delta T \\ &= (21,4 \times (308,15 - 298,15)) + (38,7337 \times (308,15 - 298,15)) \\ &= 601.337 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{produk}} \text{ pada } 308,15 = \sum \text{Cp} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned}
 &= (20,1045 \times (308,15 - 298,15)) + (86,4391 \times \\
 &\quad (308,15 - 298,15)) \\
 &= 1065,436 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{r308,15} &= \Delta H_{\text{produk}308,15} + \Delta H_f^0 \text{CO}_2 \text{K} - \Delta H_{\text{reaktan}308,15} \\
 &= (1065,436 + (-2526,608)) - 601,337 \text{ kJ/mol} \\
 &= -2062,509 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan  $\Delta H_{r308,15}$  maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara eksotermis (menghasilkan panas) karena harga  $\Delta H_{r308,15}$  yang diperoleh negatif.

**Tabel 5. Harga  $\Delta G_f^0$  untuk masing – masing komponen298K**

Komponen	$\Delta G_f^0$ (kJ/mol.K)
CaO	-894,9576
CO <sub>2</sub>	-394,3838
CaCO <sub>3</sub>	-923,8272
H <sub>2</sub> O	-237,1905

$$\begin{aligned}
 \Delta G_r &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= (\Delta G_f^0 \text{CaCO}_3 + \Delta G_f^0 \text{H}_2\text{O}) - \\
 &\quad (\Delta G_f^0 \text{CaO} + \Delta G_f^0 \text{CO}_2) \\
 &= ((-923,8272) + (-237,1905)) - ((-894,9576)) + (- \\
 &\quad 394,3838)) \\
 &= -128,3237 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan :

Di reaktor :

$$\Delta H_f^0 \text{ (Enthalpi Reaktan)} = -117,9277 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{r308,15} \text{ (Enthalpi Reaktan)} = -344,1983 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_r \text{ (Energi Bebas)} = -128,3237 \text{ kJ/mol}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25°C (298,15K)

$$\Delta G = -R \cdot T \ln K_{298K}$$

$$\begin{aligned}
 \ln K_{298,15K} &= \frac{\Delta G}{-RT} \\
 &= \frac{-128,3237}{-8,314 \times 298,15}
 \end{aligned}$$

$$K_{298,15K} = 1,0531$$

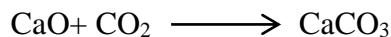
Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 35°C (308,15K)

$$\ln \left( \frac{K_{308,15}}{K_{298,15}} \right) = \frac{\Delta H_f^0 298,15 \text{ K}}{R} \times \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\begin{aligned}
 \ln \left( \frac{K_{308,15}}{1,0531} \right) &= \frac{-117,9277}{8,314} \\
 &\times \left( \frac{1}{308,15} - \frac{1}{298,15} \right) \\
 \frac{K_{303,15}}{1,0531} &= \exp(0,001544) \\
 K_{303,15} &= 1,0547
 \end{aligned}$$

b. Tinjauan Kinetika

Mekanisme reaksi di reaktor



Konversi = 95 %

Waktu tinggal = 2 jam

Suhu = 35 °C ( 308,15 K )

### 1. Konsentrasi CaO

Konsentrasi CaO Konsentrasi CaO menggunakan kelarutan CaO terhadap H<sub>2</sub>O karena transfer massa berjalan dari Padat - Cair dengan medium yang digunakan air. Maka konsentrasi yang digunakan yaitu konsentrasi berdasarkan kelarutan padatan ke cairan.

Table 2-122, Perry page:2-216 (Kelarutan CaO dalam air pada berbagai temperatur)

Kelarutan (CaO) 35 °C = 0,147 gr/ 100 cm<sup>3</sup>

Kelarutan 35 °C = 0,147 gr/ 100 cm<sup>3</sup>

= 0,00147 gr/cm<sup>3</sup>

= 1,47 gr/L

CA = Kelarutan CaO/ BM

CA = (1 gr/L)/(56,07 gr/mol)

CA = 0,01783 mol/L = 0,01783 kmol/m<sup>3</sup>

### 2. Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Konsentrasi CO<sub>2</sub> menggunakan kelarutan CO<sub>2</sub> terhadap H<sub>2</sub>O karena transfer massa berjalan dari Gas-Cair dengan medium yang digunakan air. Maka konsentrasi yang digunakan yaitu konsentrasi berdasarkan kelarutan gas ke cair.

Kelarutan ( CO<sub>2</sub> ) 35 °C = 0,1115 100 gr/ 100 cm<sup>3</sup>  
 (Table 2-122, Perry page:2-216 Kelarutan CO<sub>2</sub> dalam air  
 pada  
 berbagai temperatur)

$$\begin{aligned}\text{Kelarutan } 35 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 0,1115 \text{ 100 gr/ 100 cm}^3 \\ &= 0,001115 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,115 \text{ gr/L}\end{aligned}$$

$$CB = \text{Kelarutan CO}_2 / BM$$

$$CB = (1,1 \text{ gr/L})/(44 \text{ gr/mol})$$

$$CB = 0,0253 \text{ mol/L} = 0,0253 \text{ kmol/m}^3$$

Kecepatan reaksi CO<sub>2</sub> terlarut dan CaO terlarut difase cair pada orde 2, yaitu : Hubungan antara konstanta kecepatan reaksi (kr) terhadap suhu pada kisaran 30-50 °C dapat didekati dengan persamaan arhenius yaitu :

$$\begin{aligned}kr &= 1771000e^{-2321,4/T} \\ kr &= 1771000e^{-2321,4/308,15} \\ kr &= 947,390 \text{ cm}^3 / \text{mol/s} \\ &= 0,9474 \text{ m}^3 / \text{kmol/s} \\ &= 3410,6038 \text{ L/mol/jam}\end{aligned}$$