

PRA RENCANA PABRIK
KALSIUM SULFAT (GYPSUM) DARI BATU KAPUR DENGAN
PROSES KALSINASI
KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN ALAT UTAMA
ROTARY KILN

SKRIPSI

Disusun Oleh:

AYODYA YOANNATA

0914007



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014

SECRET

REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IS PROHIBITED

EXCEPT BY AUTHORITY OF THE SECRETARY

OF DEFENSE

THIS DOCUMENT IS UNCLASSIFIED

DATE 10/10/00 BY 1040/UC

SECRET

GROUP 1

SECRET

EXCEPT BY AUTHORITY OF THE SECRETARY

SECRET

EXCEPT BY AUTHORITY OF THE SECRETARY

OF DEFENSE

SECRET

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**KALSIMUM SULFAT (GYPSUM) DARI BATU KAPUR DENGAN
PROSES KALSINASI KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
ROTARY KILN**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh :

AYODYA YOANNATA

0914007


Malang, 18 Agustus 2014

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Menyetujui,
Dosen Pembimbing




Rini Kartika Dewi, ST, MT
NIP Y 1030100370

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : AYODYA YOANNATA
NIM : 0914007
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : KALSIMUM SULFAT (GYPSUM) DARI BATU KAPUR
DENGAN PROSES KALSINASI KAPASITAS 200.000
TON/TAHUN PERANCANGAN ALAT UTAMA
ROTARY KILN


Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

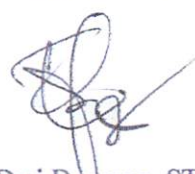
Hari : Senin
Tanggal : 18 Agustus 2014
Nilai : B

Ketua,

Jimmy, ST, MT
NIP . Y. 1039900330

Sekretaris,

Elivanto Dwi Daryono, ST, MT
NIP . P. 1030000351

Penguji Pertama,

Faidliyah Nilna Minah, ST, MT
NIP . Y. 1030400392

Penguji Kedua,

Elvinto Dwi Daryono, ST, MT
NIP . P. 1030000351

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AYODYA YOANNATA
NIM : 0914007
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

KALSIUM SULFAT (GYPSUM) DARI BATU KAPUR DENGAN PROSES KALSINASI KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA ROTARY KILN

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, Agustus 2014

Yang membuat pernyataan,



AYODYA YOANNATA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas hikmat dan karuniaNya sehingga Skripsi yang berjudul "*KALSIUM SULFAT (GYPSUM) DARI BATU KAPUR DENGAN PROSES KALSINASI 200.000 TON/TAHUN*" dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia ITN Malang. Dengan terselesainya Skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Jimmy, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.
3. Ibu Rini Kartika Dewi, ST, MT , selaku dosen pembimbing Skripsi.
4. Bapak dan ibu dosen jurusan teknik kimia ITN malang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
5. Orang tua yang tidak henti-hentinya selalu memberi semangat dan doa kepada saya.
6. Rekan – rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya Skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Penyusun berharap Skripsi ini dapat berguna bagi penyusun secara pribadi maupun pembaca sekalian khususnya di bidang ilmu Teknik Kimia.

Malang, Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II-1
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPEKSIFIKASI PERALATAN.....	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA	VI-1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII-1
BAB VIII UTILITAS.....	VIII-1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX-1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X-1
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI-1
BAB XII KESIMPULAN.....	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A. PERHITUNGAN NERACA MASSA	APP.A-1
APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS	APP.B-1
APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN	APP.C-1
APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS	APP.D-1
APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	APP.E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Blok diagram pembuatan gypsum dari gypsum rocks	II-2
Gambar 2.2. Blok Diagram gypsum dari batu kapur	II-3
Gambar 9.1. Lokasi pabrik gypsum	II-4
Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik Gypsum.....	XI-9

DAFTAR TABEL

Tabel 1.5.1. Tabel analisa pasar.....	I-4
Tabel 1.6.2. Data perkembangan gypsum di indonesia	I-5
Tabel 1.6.2. Data prosentase kenaikan gypsum di indonesia	I-5
Tabel 2.2 Data perbandingan tiap metode pembuatan gypsum.	II-4
Tabel 7.1. Alat- alat kontrol yang dipakai pada setiap peralatan.....	VII-4
Tabel 7.2. Alat keselamatan kerja.....	VII-8
Tabel 9.1. Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi.....	IX-5
Tabel 10.1 Jadwal kerja karyawan pabrik	X-12
Tabel 11.6.1 Cash flow untuk NPV selama 10 tahaun	XI-11

PRA RENCANA PABRIK
KALSIUM SULFAT (GYPSUM) DARI BATU KAPUR DENGAN
PROSES KALSINASI KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

Disusun oleh:

Ayodya Yoannata

NIM 0914007

Dosen Pembimbing:

Rini Kartika Dewi, ST, MT

Abstrak

Gypsum merupakan senyawa anorganik dengan rumus molekul $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan berat molekul 172,17. Gypsum merupakan mineral lunak berbentuk serbuk berwarna keputih-putihan. Gypsum banyak digunakan dalam industri semen, industri keramik, industri cat, industri farmasi dan lain-lain. Gypsum berasal dari bahasa Yunani “*Gepsos*” yang berarti kapur. Proses yang dilakukan pada pembuatan Gypsum ini adalah proses netralisasi dimana $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang terbentuk akan direaksikan dengan larutan H_2SO_4 .

Pabrik Gypsum ini direncanakan didirikan di daerah Campur Darat, Tulungagung, Jawa Timur dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2018. Proses operasi yang digunakan adalah dengan sistem kontinu dengan waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan struktur organisasi berbentuk garis dan staff. Dari hasil analisa ekonomi didapatkan harga TCI Rp. 521.409.435.301,64,- ; ROI_{BT} 48,342 % ; ROI_{AT} 33,839% ; POT 2,135 tahun (2 tahun 2 bulan); BEP 39,548 %; NPV Rp. 169.600.700.635,92 ; IRR 32,90 %.

Kata Kunci: netralisasi, kapur,

BAB I

PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang

Dengan berkembangnya industri di Indonesia, maka kebutuhan akan gypsum dibidang industri kimia mengalami peningkatan. Sedangkan saat ini kebutuhan akan gypsum di Indonesia masih mengimpor dari luar negeri. Namun dengan adanya krisis ekonomi sekarang ini Indonesia mengalami kesulitan dalam mengimpor gypsum tersebut , sehingga salah satu alternatif untuk mengatasi kebutuhan gypsum tersebut dengan cara mendirikan pabrik gypsum di Indonesia. Dengan berdirinya industri gypsum di Indonesia akan meningkatkan devisa negara sehingga menunjang pertumbuhan ekonomi dan penguatan struktur industri

1.2. Sejarah

Gypsum merupakan senyawa anorganik dengan rumus molekul $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan berat molekul 172,17. Gypsum merupakan mineral lunak berbentuk serbuk berwarna keputih-putihan. Gypsum banyak digunakan dalam industri semen, industri keramik, industri cat dan lain-lain. Gypsum berasal dari bahasa Yunani “ *Gypsos*” yang berarti kapur.

Pada tahun 1756, Gypsum mulai dikenal dibidang kedokteran gigi dimana gips dibuat *Plaster of Paris* untuk digunakan sebagai cetakan gigi.

Pada tahun 1824 Joseph Aspdin, seorang berkebangsaan Inggris menemukan gypsum yang diperolehnya dari batu gips, dipergunakan sebagai bahan untuk memperlambat pengerasan semen Portland.

Pada tahun 1835, di Amerika Gyps Rock mulai diproses menjadi gips kalsinasi. Sebagai bahan baku, Gypsum didatangkan dari propinsi-propinsi di kepulauan Canada yang kemudian pada abad 19 disempurnakan untuk memproduksi *plaster* dan *wallboard* sebagai bahan baku *wallcladding*.

Pada tahun 1967 Cafferata membuat gypsum plaster dari serbuk gypsum dengan menggunakan *autoclave* dan penambahan *malic acid*. Kemudian Keller dan Spits pada tahun 1976 membuat gypsum plaster dengan cara flash calcinations di Canada.

1.3. Kegunaan

Gypsum merupakan bahan yang sangat dibutuhkan keberadaannya, antara lain yaitu:

- a. Sebagai bahan pembantu pembuatan semen Portland.
- b. Pada pabrik farmasi digunakan sebagai bahan plester.
- c. Pada pabrik cat digunakan sebagai bahan pengisi dan campuran cat putih.
- d. Sebagai bahan pembantu pada pabrik keramik.
- e. Sebagai bahan pembantu pada bahan bangunan dan alat-alat listrik yang terbuat dari porselin.

1.4. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Sifat-sifat Bahan Utama

Kalsium Karbonat

Sifat Fisika

- Spesifik gravity : 2,86 g/cm³
- Densitas (pada 110°C) : 2,7 g/cm³
- Titik leleh : 2570°C
- Titik didih : 2850°C
- Cp (pada 0°C) : 0,191 Cal/g°C
- Konduktivitas thermal : 0,0039 Cal.cm/cm².det. °C
- Panas pembentukan : -289,5 Cal/mol
- Cp : 19,93733 kkal/kgmol.K

Sifat Kimia :

- Berat molekul : 100,09
- Rumus molekul : CaCO₃
- Bersifat stabil, hanya berubah komposisinya pada pemanasan ± 900°C
- Dapat bereaksi dengan larutan asam
- Kelarutan dalam air dingin membentuk Ca(OH)₂
- Komposisi kalsium karbonat :
 - a. SiO₂ : 4,91%
 - b. Al₂O₃ : 1,28%
 - c. Fe₂O₃ : 0,66%

- d. CaCO_3 : 92,05%
- e. MgCO_3 : 0,63%
- f. H_2O : 0,47%

1.4.2. Sifat-sifat bahan pendukung

A. H_2SO_4 (Asam Sulfat)

Sifat Fisika :

- Sebagai zat yang tidak berwarna
- Densitas : 1,0857 g/cm^3
- Cp : 0,4518 $\text{Cal/g}^\circ\text{C}$
- Titik lebur : 10,36 $^\circ\text{C}$
- Titik didih : 338 $^\circ\text{C}$
- Kelarutan :

Sifat kimia

- Berat molekul : 98
- Rumus molekul : H_2SO_4
- Asam kuat
- Korosif
- Konsentrasi : 97%

B. Air (H_2O)

Sifat Fisika

- Merupakan larutan jernih tidak berwarna
- Specific gravity : 1,00
- Titik didih : 100 $^\circ\text{C}$
- Densitas : 0,95838 g/mL
- Viscositas : 0,2838 kg/m.s

Sifat Kimia

- Berat molekul : 18
- Rumus molekul : H_2O
- Merupakan larutan yang bersifat melarutkan
- Bersifat netral

1.4.3. Sifat-sifat Produk

A. produk utama

Gypsum (CaSO_4)

Sifat Fisika

- Berbentuk serbuk berwarna putih
- Specific gravity : 2,31 – 2,33
- Titik leleh : 128°C
- Titik didih : 162°C
- Tahan api
- Bersifat fleksibel
- Kekerasan gypsum pada skala Mohr : 1,50 – 2,00

Sifat Kimia

- Berat molekul : 172,17
- Rumus molekul : CaSO_4
- Apabila dipanaskan pada suhu antara 900°C - 120°C akan pecah menjadi CaO dan SO_3
- Apabila dipanaskan $\pm 160^\circ\text{C}$ akan menjadi semihidrat
- Apabila dipanaskan lebih dari 200°C akan berbentuk anhidrat

1.5. Analisa Pasar

Pemasaran produk gypsum untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri sudah dapat dipenuhi maka pemasaran diarahkan ke wilayah Asia, dibawah ini analisa pasar untuk mengetahui potensi produk terhadap pasar.

Tabel 1.5.1. Tabel analisa pasar:

No	Reaktan	Berat Molekul	Harga (Rp)
1	SiO_2	60,0843	0,01
2	Al_2O_3	101,9612	0,02
3	Fe_2O_3	159,6922	55,6
4	CaCO_3	100,0877	99,2
5	MgCO_3	84,3147	0,67

EP = Produk – Reaktan

$$= [(159,6922 \times 55,6) + (100,0877 \times 99,2) + (84,3147 \times 0,67)] - [(6 \times 60,0843 \times 0,01) + (3 \times 101,9612 \times 0,02)]$$

$$= \text{Rp. 2000 / kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik kalsium sulfat (gypsum) untung dan dapat didirikan pada tahun 2018.

1.6. Penentuan Kapasitas Produksi

Dalam mendirikan suatu industri diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan permintaan. Untuk menghitung kapasitas produksi diperlukan data prosentase kenaikan mengenai impor, konsumsi dan produksi, adapun data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1.6.1. Data perkembangan gypsum di Indonesia :

Tahun	Impor (Kg)	Konsumsi (Kg)	Produksi (Kg)
2009	1.094.914.764	2.330.309.186	3.425.223.950
2010	1.162.038.856	1.770.974.635	2.933.013.491
2011	1.533.424.503	1.947.578.391	3.481.002.894
2012	1.843.285.625	2.478.277.591	4.321.563.216
2013	1.966.207.007	2.808.503.716	4.774.710.723

Sumber : Badan Pusat Statistik

Tabel 1.6.2. Data prosentase kenaikan gypsum di Indonesia :

Tahun	Impor (%)	Konsumsi (%)	Produksi (%)
2009	-	-	-
2010	6,131	-24,003	-14,370
2011	31,960	9,972	18,683
2012	20,207	27,249	24,147
2013	6,669	13,325	10,486
Rata-rata	16,242	6,636	9,737

Adapun persamaan yang digunakan adalah :

$$M = P_o (1 + i)^n$$

Dimana :

M = Jumlah yang diperkirakan

P_o = Data terakhir

i = Kenaikan rata-rata

n = Rencana pendirian pabrik

Dalam menghitung kapasitas produksi yang akan dirancang didirikan pada tahun 2018 menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

Dimana : M₁ = Nilai impor

M₂ = Nilai kapasitas pabrik lama

M₃ = Nilai kapasitas pabrik baru

M₄ = Nilai ekspor

M₅ = Nilai konsumsi dalam negeri

Perkiraan kapasitas impor pada tahun 2018 adalah :

$$M_1 = 1.966.207.007 (1 + 0,1624)^5$$

$$M_1 = 4.172.604.729 \text{ Kg}$$

Perkiraan kapasitas produksi pabrik lama pada tahun 2018 adalah :

$$M_2 = 4.774.710.723 (1 + 0,0974)^5$$

$$M_2 = 3.873.251.385 \text{ Kg}$$

Perkiraan kapasitas konsumsi pada tahun 2018 adalah:

$$M_5 = 2.808.503.716 (1 + 0,0664)^5$$

$$M_5 = 7.599.269.458 \text{ Kg}$$

Nilai import (M₁) pada tahun 2018 diperkirakan menurun sampai 80% dari nilai import karena dipenuhi oleh industri baru.

Nilai ekspor gypsum (M₄) pada tahun 2018 diperkirakan sebesar 20% dari total kapasitas produksi (M₃) sehingga diperoleh :

$$0,8M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

$$3.546.714.020 + 3.873.251.385 + M_3 = 0,2 M_3 + 7.599.269.458$$

$$0,8 M_3 = 179.304.053 \text{ Kg}$$

$$M_3 = 224.130.067 \text{ Kg}$$

Jadi kapasitas pabrik baru yang akan didirikan pada tahun 2018 adalah 200.000 ton/tahun

1.6. Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi yang akan dipilih untuk pembangunan pabrik ini adalah di Kawasan Campur Darat, Kab. Tulungagung, Jawa Timur. alasan pemilihan lokasi ini :

a. Ditinjau dari lokasi sumber bahan baku

Lokasi ini dipilih karena berdekatan dengan sumber bahan baku (batu kapur).

b. Ditinjau dari area pemasaran produk

Terdapat banyak berdiri industri yang membutuhkan gypsum disekitar Gresik, Tuban dan daerah sekitar Jawa Timur .

c. Alat angkutan (transportasi)

Transportasi dapat optimal ditinjau dari segi biaya dan jarak angkut yang ditempuh.

d. Buruh dan tingkat upahnya

Diharapkan dapat diperoleh tenaga kerja yang lebih murah dengan kualitas yang diinginkan.

e. Sumber air

Lokasi yang dipilih dekat dengan sumber air yang mana sangat diperlukan dalam proses produksi. Untuk air proses digunakan air Sungai Brantas dan PDAM

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

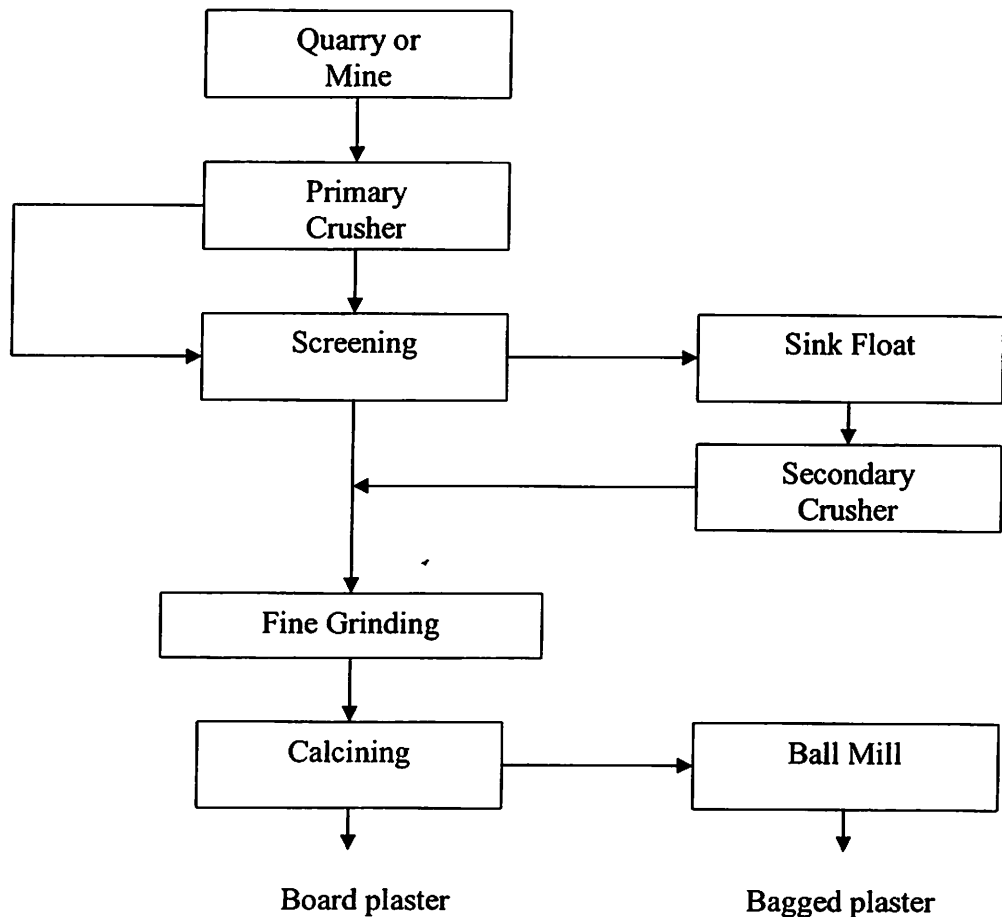
2.1. Macam Proses

Pada dasarnya terdapat tiga macam proses pembuatan gypsum, yaitu :

1. Pembuatan gypsum dari *gypsum rock*
2. Pembuatan gypsum dari batu kapur (CaCO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4)
3. Pembuatan gypsum dari kalsium klorida (CaCl_2) dan asam sulfat (H_2SO_4)

2.1.1. Pembuatan gypsum dari *gypsum rock*

Proses pembuatan gypsum dari *gypsum rock*, yaitu dengan cara menghancurkan batu-batuan gypsum yang diperoleh dari daerah pegunungan. Penghancuran batu-batuan ini dengan menggunakan alat *primary crusher* kemudian diayak agar diperoleh batuan yang halus. Setelah diayak sebagian masuk ke *sink float* untuk membersihkan batu-batuan dari kotoran, kemudian masuk dalam *secondary crusher* agar batu-batuan yang belum halus dapat dihancurkan lagi dan sebagian lagi masuk dalam *fine grinding* untuk digiling menjadi butiran yang halus. Setelah dari *fine grinding* butiran yang halus di *calcining* dan menghasilkan *board plaster*, dan sebagian setelah di *calcining* masuk ke *ball mill* dan menghasilkan *bagged plaster*.

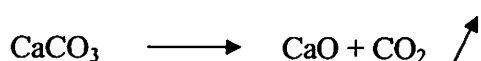


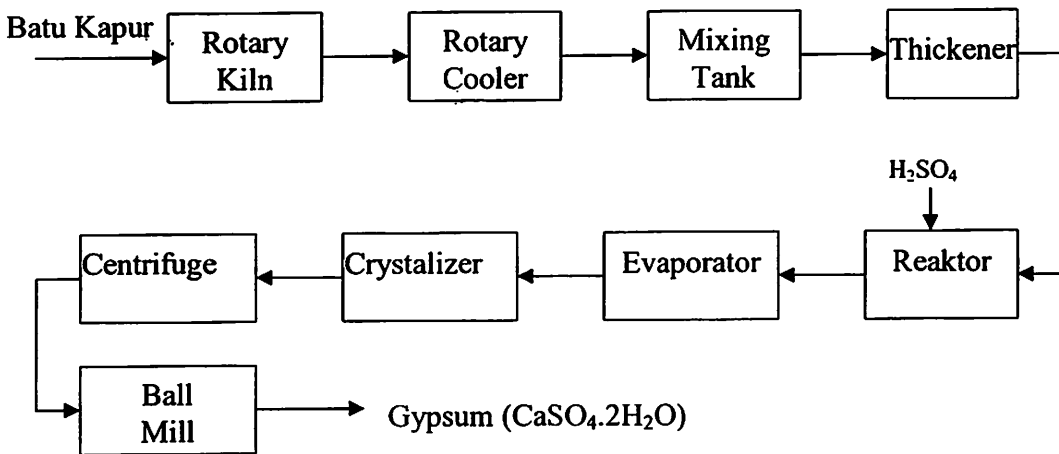
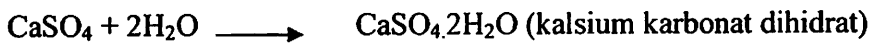
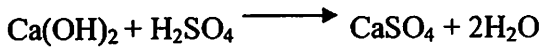
Gambar 2.1. Blok Diagram Pembuatan Gypsum dari *Gypsum Rock*

2.1.2. Pembuatan gypsum dari batu kapur

Proses pembuatan gypsum jenis ini, yaitu dengan cara memasukan batu kapur (CaCO_3) dalam *rotary kiln* sehingga akan terjadi reaksi proses kalsinasi yang akan menghasilkan CaO dan CO_2 . Kemudian CaO yang terbentuk dimasukkan kedalam *mixing tank* untuk direaksikan dengan air (H_2O) sehingga menghasilkan slurry Ca(OH)_2 . Kemudian slurry Ca(OH)_2 dimasukkan dalam reaktor dan ditambahkan H_2SO_4 sehingga akan terjadi reaksi netralisasi. Setelah itu produk dimasukan dalam evaporator untuk mengurangi kandungan air. Kemudian dimasukkan dalam *crystalizer* sehingga terbentuk kristal. Kristal yang terbentuk dimasukan ke dalam *centrifuge* agar kristal terpisah dari larutan induknya. Kemudian didinginkan dalam *rotary drayer* sehingga terbentuk gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kalsium sulfat dihidrat.

Reaksi yang terjadi :

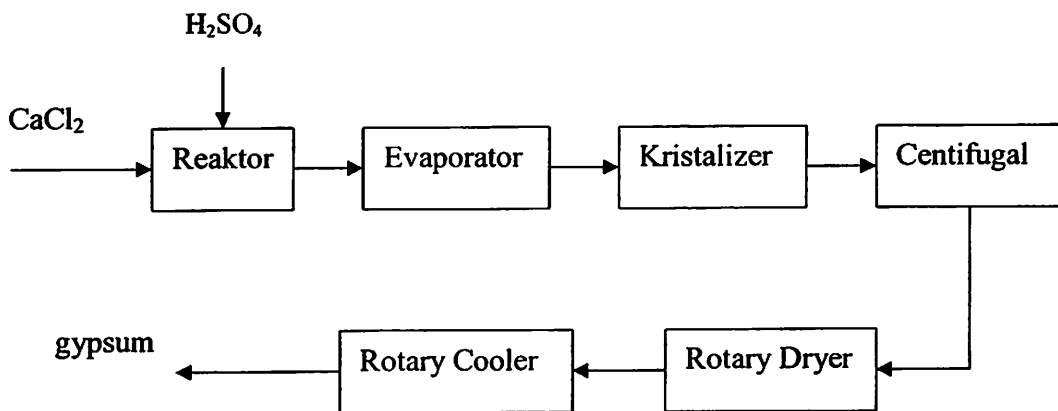




Gambar 2.2. Blok Diagram Pembuatan Gypsum dari Batu Kapur

2.1.3. Pembuatan gypsum dengan CaCl_2 dan H_2SO_4

Mula-mula bahan baku dimasukkan kedalam reaktor dengan ditambah H_2SO_4 , sehingga terjadi reaksi netralisasi dan akan terbentuk CaSO_4 dan HCl , lalu HCl yang terbentuk dipisahkan dengan absorber. Kemudian produk dimasukkan kedalam evaporator untuk mengurangi kandungan air, setelah itu masuk ke kristalizer sehingga akan terbentuk kristal. Setelah itu masuk ke sentrifugal dan kristal yang keluar dari sentrifugal dimasukkan dalam rotary dryer, lalu didinginkan dalam rotary cooler sehingga akan terbentuk gypsum.



2.2. Seleksi Proses Pembuatan Gypsum

Untuk lebih jelasnya mengenai proses-proses serta efisiensi dalam pembuatan gypsum dapat dilihat pada table 2.2.

Tabel 2.2. Perbandingan tiap metode-metode pembuatan gypsum.

No	Parameter	Gypsum dari Gypsum Rock Dengan Proses Crusher Dan Grinder	Gypsum dari Batu Kapur Dengan Proses Kalsinasi	Gypsum dari CaCl ₂ dan H ₂ SO ₄ Dengan Proses Evaporasi
1.	Bahan baku	Gypsum Rock	Batu Kapur	CaCl ₂ dan H ₂ SO ₄
2.	Aspek teknis - Konversi Reaksi - Tekanan - Suhu Operasi	- 1 atm 1000°C	97% 1 Atm 900°C	85% 1 Atm 1000°C
3.	Aspek Ekonomi - Investasi	Besar	Sedang	Besar

Berdasarkan aspek tersebut di atas, maka pada pembuatan gypsum ini dipilih proses **Pembuatan Gypsum Dari Batu Kapur Dengan Proses Kalsinasi** dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Bahan baku yang tersedia cukup banyak
- b. Proses lebih sederhana
- c. Konversi reaksi dan kemurnian produk relatif tinggi.
- d. Lebih hemat biaya investasi peralatan.

2.3 Uraian Proses

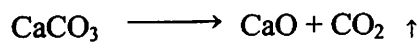
Dalam proses pembuatan gypsum dari batu kapur dengan proses kalsinasi ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan dan pemurnian
4. Tahap penanganan produk

2.3.1. Tahap persiapan bahan baku

Batu kapur dari tangki penyimpanan (*storage*) (F-111) dengan bantuan *belt conveyor* (J-112A) diangkut menuju *hammer mill* (C-113) untuk memperkecil ukuran menjadi 10 mesh. Kemudian ditampung dalam *bin* (F-115) lalu dimasukkan dalam *rotary kiln* (B-110). Dalam *rotary kiln* (B-110) terjadi proses kalsinasi pada suhu $\pm 900^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$ sehingga menghasilkan CaO dan CO_2 .

Persamaan reaksi yang terjadi :



Kemudian CaO yang terbentuk didinginkan dalam *rotary cooler* (B-118) sampai suhu 90°C dengan memasukkan udara kering yang dihembuskan dengan *blower* (L-121). Kemudian CaO dimasukkan ke dalam *mixing tank* (M-123) untuk direaksikan dengan air sehingga menghasilkan *slurry* $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

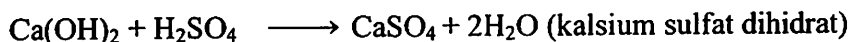
Persamaan reaksi yang terjadi : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

Reaksi terjadi pada suhu ruangan. *Slurry* yang dihasilkan dimasukkan dalam *thickener* (H-125), sehingga *slurry* yang berat jenisnya besar akan mengendap dan *slurry* dengan berat jenis kecil masuk ke reaktor (R-120).

2.3.2. Tahap Reaksi

Slurry $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang keluar dari *thickener* (H-125) dimasukkan ke dalam reaktor (R-120) dan juga ditambahkan H_2SO_4 , sehingga akan terjadi reaksi netralisasi. Reaksi terjadi pada suhu 46°C dengan tekanan 1 atm dan reaksi yang terjadi bersifat eksotermis.

Persamaan yang terjadi :



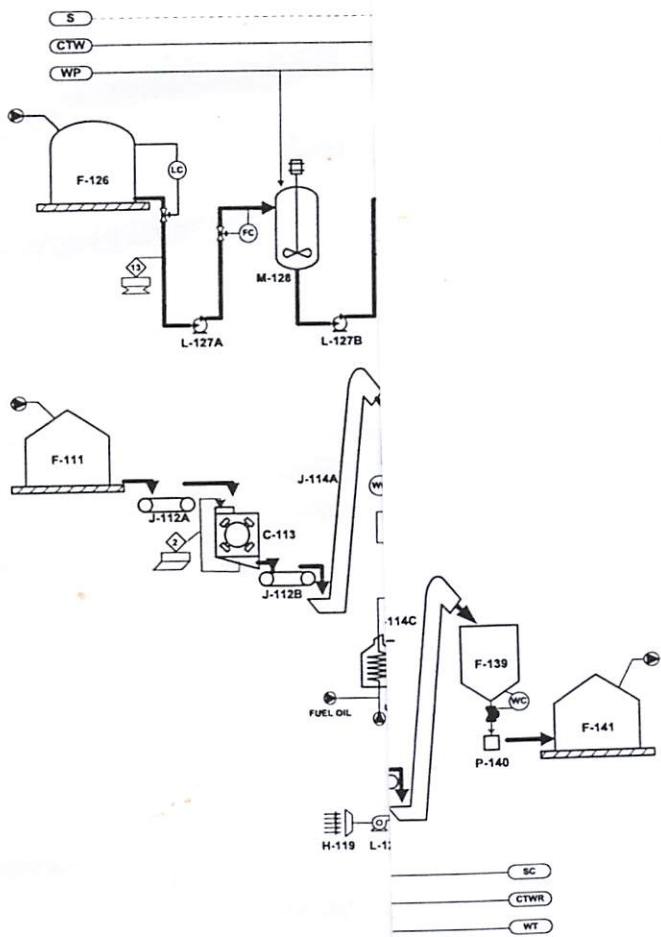
2.3.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Produk yang keluar dari reaktor (R-120) yang berbentuk *slurry* dimasukkan ke *evaporator* (V-131) untuk mengurangi kandungan airnya hingga 80% . Setelah itu dimasukkan dalam *crystalizer* (X-134) . Kemudian kristal dan larutan induk (*mother liquor*) yang keluar dipisahkan dalam *centifuge* (H-135). Kemudian larutan induk akan ditampung dalam tangki penampung, dan produk dialirkan ke *Ball Mill* (C-137).

2.3.4. Tahap Penanganan Produk

Kristal yang terpisah dialirkan menuju *ball mill* (C-137) untuk memperkecil ukuran menjadi 100 mesh,. Kemudian masuk ke *vibrating screen* (H-138). Kristal yang tidak lolos

pada *vibrating screen* (H-138), direcycle kembali ke *ball mill* (C-137). Sedangkan serbuk produk yang lolos masuk ke penampung produk (F-139) kemudian siap untuk dikemas (P-140).



17	(LC)	LEVEL CONTROLLER
16	(PC)	PRESSURE CONTROLLER
15	(FRC)	FLOW RATIO CONTROLLER
14	(WC)	WEIGHT CONTROLLER
13	(TC)	TEMPERATURE CONTROLLER
12	(FC)	FLOW CONTROLLER
11	(CTWR)	COOLING TOWER WATER RETURN
10	(CTW)	COOLING TOWER WATER
9	(WT)	WASTE TREATMENT
8	(WP)	WATER PROCESS
7	(SC)	STEAM CONDENSAT
6	(S)	STEAM
5	(—)	ALIRAN GAS
4	(—)	ALIRAN CAIR
3	(—)	ALIRAN PADAT
2	(—)	TEMPERATUR (°C)
1	(◇)	NOMOR ALIRAN
NO	SIMBOL	KETERANGAN

30	F-140	GUDANG PRODUK
29	P-139	PACKING
28	F-138	BIN PRODUK
27	H-137	SCREEN
26	C-136	BALL MILL
25	H-135	CENTRIFUGE
24	X-134	KRISTALIZER
23	G-133	EJEKTOR
22	E-132	KONDENSOR
21	V-131	EVAPORATOR
20	E-130	PREHEATER
19	E-129	WATER HEAT BOILER
18	M-128	MIXER ASAM SULFAT
17	L-127	POMPA CENTRIFUGAL
16	F-126	STORAGE ASAM SULFAT
15	H-125	THICKENER
14	L-124	POMPA ROTARY
13	M-123	MIXER CaO
12	F-122	BIN CaO
11	L-121	BLOWER
10	H-119	UDARA
9	B-118	ROTARY COOLER
8	H-117	CYCLONE
7	Q-116	FURNACE
6	B-110	ROTARY KILN
5	F-115	BIN BATU KAPUR
4	J-114	BUCKET ELEVATOR
3	C-113	HAMMER MILL
2	J-112	BELT CONVEYOR
1	F-111	STORAGE BATU KAPUR
NO	KODE	NAMA ALAT

NO		19	20
1			
2			
3			
4			
5			
6	4	2408,066	2408,066
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15	4	408,202	408,202
16	7	2,607	2,607
17	5	2993,448	2993,448
18	57	2425,676	2425,676
19	3	174,386	174,386
20	04	21831,084	21831,084
JUM60		30243,469	30243,469

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FLOW SHEET
 PRA RENCANA PABRIK GYPSUM DARI BATU KAPUR
 DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES KALSIKASI

DIRANCANG OLEH :
 AYODYA YOANATA 09.14.507
 DWI CAHYA R. 08.14.017

DISETUJUI
 DOSEN PEMBIMBING :
 RINI KARTIKA DEWI ST, MT

BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun
Basis operasi : 25252,525 kg/jam
Trial bahan masuk : 22133,554 kg/jam
Jumlah hari kerja : 330 hari/tahun 24 jam
Satuan : Kg/jam
Suhu referensi : 25°C

1. HAMMER MILL (C-113)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari storage batu kapur	Ke bin batu kapur
SiO ₂ = 1087	SiO ₂ = 1087
Al ₂ O ₃ = 283	Al ₂ O ₃ = 283
Fe ₂ O ₃ = 146	Fe ₂ O ₃ = 146
CaCO ₃ = 20374	CaCO ₃ = 20374
MgCO ₃ = 139	MgCO ₃ = 139
H ₂ O = 104	H ₂ O = 104
Total = 22134	Total = 22134

2. ROTARY KILN (B-110)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Hummer Mill	Ke Rotary Cooler
SiO ₂ = 1087	SiO ₂ = 1075,890
Al ₂ O ₃ = 283	Al ₂ O ₃ = 280,476
Fe ₂ O ₃ = 146	Fe ₂ O ₃ = 144,621
CaCO ₃ = 20374	CaO = 11295,310
MgCO ₃ = 139	MgO = 65,737
H ₂ O = 104	<u>= 12862,034</u>
= 22134	Ke Cyclone I
Bahan bakar masuk furnace	Dari batu kapur
C = 884,902	SiO ₂ = 10,868
H ₂ = 127,718	Al ₂ O ₃ = 2,833
O ₂ = 0,405	Fe ₂ O ₃ = 1,461
N ₂ = 0,061	CaO = 114,094
S = 2,23	MgO = 0,664
Ash = 0,101	CO ₂ = 9037,573
Udara pembakaran :	H ₂ O _(g) = 104
O ₂ = 2834,361	<u>= 9271,520</u>
N ₂ = 10662,597	Hasil pembakaran :
= 13496,958	CO ₂ = 3244,639
	SO ₂ = 4,46
	H ₂ = 127,718
	O ₂ = 472,799
	N ₂ = 10662,657
	Ash = 0,101
	<u>= 14512,375</u>
Total = 36645,929	Total = 36645,929

4. ROTARY COOLER (B-118)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Rotary Kiln	Ke Bin CaO
SiO ₂ = 1075,890	SiO ₂ = 1075,890
Al ₂ O ₃ = 280,476	Al ₂ O ₃ = 280,476
Fe ₂ O ₃ = 144,621	Fe ₂ O ₃ = 144,621
CaO = 11295,310	CaO = 11295,310
MgO = 65,737	MgO = 65,737
= 12862,034	= 12862,034
Dari Cyclone I	Ke Cyclone II
SiO ₂ = 10,868	SiO ₂ = 10,868
Al ₂ O ₃ = 2,833	Al ₂ O ₃ = 2,833
Fe ₂ O ₃ = 1,461	Fe ₂ O ₃ = 1,461
CaO = 114,094	CaO = 114,094
MgO = 0,664	MgO = 0,664
Udara = 11284,588	Udara = 11284,588
	= 11414,508
Total = 24276,542	Total = 24276,542

5. CYCLONE II (H-117B)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Rotary Cooler	Ke Bin CaO
SiO ₂ = 10,868	SiO ₂ = 10,868
Al ₂ O ₃ = 2,833	Al ₂ O ₃ = 2,833
Fe ₂ O ₃ = 1,461	Fe ₂ O ₃ = 1,461
CaO = 114,094	CaO = 114,094
MgO = 0,664	MgO = 0,664
Udara = 11284,588	Ke udara bebas
	Udara = 11284,588
Total = 11414,508	Total = 11414,508

6. MIXER CaO (M-123)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari bin CaO	Ke thickener
SiO ₂ = 1087	SiO ₂ = 1087
Al ₂ O ₃ = 283	Al ₂ O ₃ = 283
Fe ₂ O ₃ = 146	Fe ₂ O ₃ = 146
CaO = 11409,4	Ca(OH) ₂ = 15076,7
MgO = 66	Mg(OH) ₂ = 96,3
Dari water process	H ₂ O = 9294,8
H ₂ O = 12992	
Total = 25983,907	Total = 25983,907

7. THICKENER (H-125)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Mixer CaO	Ke Reaktor
SiO ₂ = 1087	Ca(OH) ₂ = 14322,877
Al ₂ O ₃ = 283	Mg(OH) ₂ = 91,467
Fe ₂ O ₃ = 146	H ₂ O = 5576,859
CaO = 15076,7	= 19991,203
MgO = 96,3	Ke Water Treatment
H ₂ O = 9294,8	Ca(OH) ₂ = 753,836
	Mg(OH) ₂ = 4,814
	H ₂ O = 3717,906
	SiO ₂ = 1087
	Al ₂ O ₃ = 283
	Fe ₂ O ₃ = 146
	= 5992,704
Total = 25983,907	Total = 25983,907

10. EVAPORATOR (V-131)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Reaktor	Ke Kristalizer
Ca(OH) ₂ = 429,686	Ca(OH) ₂ = 429,686
Mg(OH) ₂ = 2,744	Mg(OH) ₂ = 2,744
CaSO ₄ = 25533,432	CaSO ₄ = 25533,432
MgSO ₄ = 183,565	MgSO ₄ = 183,565
H ₂ SO ₄ = 3150,998	H ₂ SO ₄ = 3150,998
H ₂ O = 131017,445	H ₂ O = 2534,807
Impurities = 210,49	Ke Waste Treatment
	H ₂ O _(l) = 85655,092
	Impurities = 210,49
	Ke Barometrik Kondensor
	H ₂ O _(g) = 42827,546
Total = 160528,360	Total = 160528,360

11. KRISTALIZER (X-134)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Evaporator	Ke Centrifuge
Ca(OH) ₂ = 429,686	Ca(OH) ₂ = 429,686
Mg(OH) ₂ = 2,744	Mg(OH) ₂ = 2,744
CaSO ₄ = 25533,432	CaSO ₄ = 25533,432
MgSO ₄ = 183,565	MgSO ₄ = 183,565
H ₂ SO ₄ = 3150,998	H ₂ SO ₄ = 3150,998
H ₂ O = 2534,807	H ₂ O = 2534,807
	CaSO ₄ .2H ₂ O = 22980,089
Total = 31835,232	Total = 31835,232

12. CENTRIFUGE (H-135)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari kristalizer	Ke Ball Mill
Ca(OH) ₂ = 429,686	Ca(OH) ₂ = 408,202
Mg(OH) ₂ = 2,744	Mg(OH) ₂ = 2,607
CaSO ₄ = 25533,432	CaSO ₄ = 2425,676
MgSO ₄ = 183,565	MgSO ₄ = 174,386
H ₂ SO ₄ = 3150,998	H ₂ SO ₄ = 2993,448
H ₂ O = 2534,807	H ₂ O = 2408,066
CaSO ₄ .2H ₂ O = 22980,089	CaSO ₄ .2H ₂ O = 21831,084
	Larutan induk
	Ca(OH) ₂ = 21,484
	Mg(OH) ₂ = 0,137
	CaSO ₄ = 127,667
	MgSO ₄ = 9,178
	H ₂ SO ₄ = 157,550
	H ₂ O = 126,740
	CaSO ₄ .2H ₂ O = 1149,004
Total = 31835,232	Total = 31835,232

13. BALL MILL (C137)

Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)
Dari Ball Mill	Ke Bin produk gypsum
Ca(OH) ₂ = 408,202	Ca(OH) ₂ = 408,202
Mg(OH) ₂ = 2,607	Mg(OH) ₂ = 2,607
CaSO ₄ = 2425,676	CaSO ₄ = 2425,676
MgSO ₄ = 174,386	MgSO ₄ = 174,386
H ₂ SO ₄ = 2993,448	H ₂ SO ₄ = 2993,448
H ₂ O = 2408,066	H ₂ O = 2408,066

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 21831,084$	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 21831,084$
Total = 30243,470	Total = 30243,470

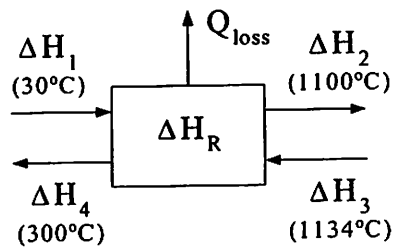
BAB IV

NERACA PANAS

Satuan : Kcal/jam

Suhu referensi : 25°C

1. ROTARY KILN (B-110)



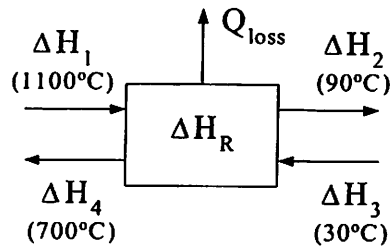
Masuk :

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| 1. Entalpi dari feed (ΔH_1) | = 9957,081 |
| 2. Total Heating Value | = 8700264,84 |
| 3. Entalpi udara (ΔH_3) | = 44920,5504 |
| 4. Entalpi fuel oil | = 31718,3976 |
| Total | 8786842,8696 |

Keluar :

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Entalpi produk (ΔH_2) | = 1896192,039 |
| 2. Entalpi bahan ke cyclone | = 19153,4549 |
| 3. Entalpi gas keluar (ΔH_4) | = 2983354,902 |
| 4. Entalpi reaksi (ΔH_R) | = 3624848,7743 |
| 5. Panas yang hilang (Q_{Loss}) | = 263293,6988 |
| Total | = 8786842,8696 |

2. ROTARY COOLER (B-118)



Masuk :

1. Entalpi bahan masuk (ΔH_1) = 1896192,039

2. Entalpi udara masuk (ΔH_3) = 13550,1299

Total = 1909742,169

Keluar

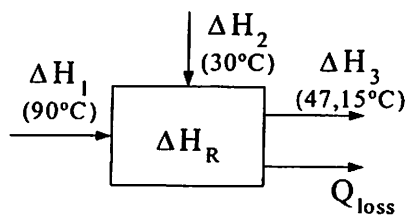
1. Entalpi udara keluar (ΔH_4) = 1829267,541

2. Entalpi produk keluar (ΔH_2) = 76450,8967

3. Panas yang hilang (Q_{Loss}) = 4023,7314

Total = 1909742,169

3. MIXER CaO (M-123)



Masuk :

1. Entalpi pada bahan masuk (ΔH_1) = 76450,8967

2. Entalpi pada air masuk (ΔH_2) = 11748,0175

3. Entalpi total reaksi (ΔH_R) = 5991,9649

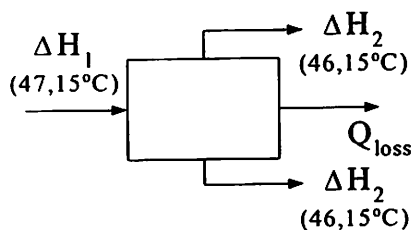
Total = 94190,8790

Keluar :

1. Entalpi dari produk (ΔH_3) = 90368,33421
2. Panas yang hilang (Q_{Loss}) = 3822,5448

Total = 94190,8790

4. THICKENER (H-125)



Masuk :

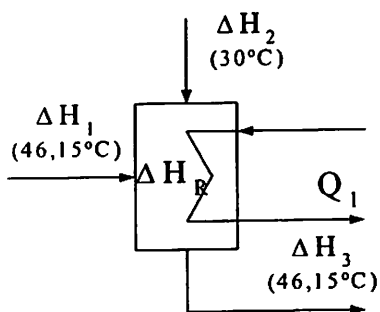
1. Entalpi bahan masuk (ΔH_1) = 90368,33421

Keluar :

1. Entalpi bahan keluar (ΔH_2) = 85849,9175
2. Panas yang hilang (Q_{Loss}) = 4518,4167

Total = 90368,33421

5. REAKTOR (R-120)



Masuk :

1. Entalpi bahan masuk (ΔH_1) = 338330,166
2. Entalpi reaksi (ΔH_R) = 43362,592

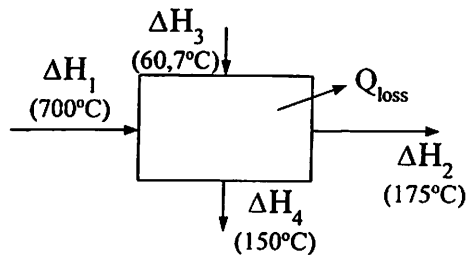
Total = 381692,758

IV-4

Keluar

1. Entalpi bahan keluar (ΔH_3) = 53107,445
 2. Entalpi air pendingin (Q_1) = 311668,805
 3. Panas yang hilang (Q_{Loss}) = 16916,5083
- Total** = 381692,758

6. WASTE HEAT BOILER (E-129)



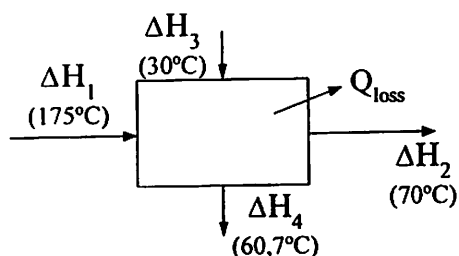
Masuk :

1. Entalpi gas masuk (ΔH_1) = 7086717,956
 2. Entalpi air masuk (ΔH_3) = 307244,71
- Total** = 7393962,666

Keluar :

1. Entalpi gas keluar (ΔH_2) = 420054,028
 2. Entalpi steam terbentuk (ΔH_4) = 6633122,871
 3. Panas yang hilang (Q_{Loss}) = 354335,898
- Total** = 7393962,666

7. PREHEATER (E-130)



Masuk :

1. Entalpi gas masuk (ΔH_1) = 420054,028

2. Entalpi air masuk (ΔH_3) = 43033,800

Total = 449537,698

Keluar :

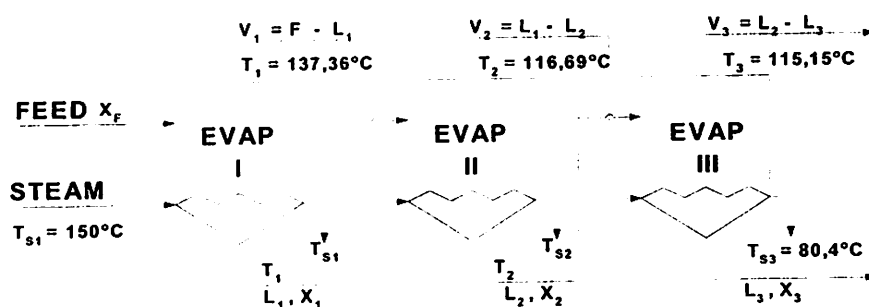
1. Entalpi gas keluar (ΔH_2) = 60785,883

2. Entalpi air keluar (ΔH_4) = 307261,344

3. Panas yang hilang (Q_{Loss}) = 21002,701

Total = 449537,698

8. EVAPORATOR (V-131)



Neraca Panas pada evaporator effect I

Panas masuk (kcal/jam)	Panas keluar (kcal/jam)
Aliran panas masuk effect I $\Delta H_{\text{feed}} = 3606043,289$ $\Delta H_{\text{steam}} = 17278591,84$	Aliran panas masuk effect II $\Delta H_{\text{lar I}} = 6026516,555$ $\Delta H_{\text{Uap I}} = 10880539,57$ Ke Utilitas $\Delta H_{\text{Kond}} = 3977253,144$
Total = 20884635,129	Total = 20884635,129

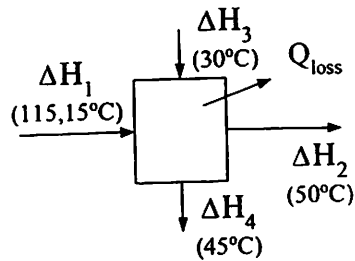
Neraca Panas pada evaporator effect II

Panas masuk (kcal/jam)	Panas keluar (kcal/jam)
Aliran panas dari effect I $\Delta H_{\text{lar I}} = 6026516,555$ $\Delta H_{\text{Uap I}} = 10880539,57$	Aliran panas masuk effect III $\Delta H_{\text{lar II}} = 3033804,774$ $\Delta H_{\text{Uap II}} = 11161894,84$ Ke Utilitas $\Delta H_{\text{Kond}} = 3977253,144$ $Q_{\text{Loss}} = 444656,487$
Total = 16907056,12	Total = 16907056,12

Neraca Panas pada evaporator effect III

Panas masuk (kcal/jam)	Panas keluar (kcal/jam)
Aliran panas dari effect II $\Delta H_{\text{lar II}} = 3033804,774$ $\Delta H_{\text{Uap II}} = 11161894,84$	Ke Kristalizer $\Delta H_{\text{lar III}} = 670570,838$ Ke barometrik kondensor $\Delta H_{\text{Uap III}} = 11113422,78$ Ke Utilitas $\Delta H_{\text{Kond}} = 1993185,651$ $Q_{\text{Loss}} = 418520,3452$
Total = 14195699,61	Total = 14195699,61

9. BAROMETRIK KONDENSOR (E-132)



Masuk :

$$\text{Entalpi uap masuk } (\Delta H_1) = 11113422,78$$

$$\text{Entalpi air masuk } (\Delta H_3) = 182641,884$$

$$\text{Total} = 11296064,664$$

Keluar :

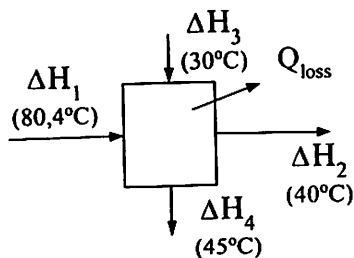
$$\text{Entalpi kondensat } (\Delta H_2) = 10009825,99$$

$$\text{Entalpi air keluar } (\Delta H_4) = 730567,534$$

$$\text{Panas yang hilang } (Q_{\text{Loss}}) = 555671,14$$

$$\text{Total} = 11296064,664$$

10. KRISTALIZER (X-134)



Masuk :

$$\text{Entalpi bahan masuk } (\Delta H_1) = 227553,37$$

$$\text{Entalpi air masuk } (\Delta H_3) = 38918,203$$

$$\text{Total} = 266471,573$$

IV-8

Keluar

Entalpi bahan keluar (ΔH_2) = 60502,886

Entalpi air keluar (ΔH_4) = 194591,017

Panas hilang (Q_{Loss}) = 11377,67

Total = **266471,573**

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. STORAGE BATU KAPUR (F-111)

Fungsi : Gudang bahan baku
Type : Open Storage
Bahan : Besi bertulang
Ukuran : Panjang = 40 m
 Lebar = 29 m
 Tinggi = 4 m
Jumlah : 1 buah

2. BELT CONVEYOR (J-112A)

Fungsi : Mengangkut bahan dari storage (F-111) ke Hammer Mill
Type : Flat belt 20° idler
Bahan : Reinforced rubber
Dimensi : panjang = 54 ft = 16,459 m
 lebar = 3,3 ft = 1,006 m
Kecepatan : 100 ft/menit = 30,48 m/menit
Power motor : 2 HP
Jumlah : 1 buah

3. HAMMER MILL (C-113)

Fungsi : Untuk memperkecil ukuran bahan
Bahan : Carbon Steel SA 135 Grade B
Kapasitas : 22133,554 kg/jam
Daya : 67 HP
Jumlah : 1 buah

4. BELT CONVEYOR (J-112B)

Fungsi : Mengangkut batu kapur dari hammer mill ke bucket elevator
Type : Flat belt 20° idler
Bahan : Reinforced Rubber



Dimensi : panjang = 54 ft = 16,459 m

lebar = 3,3 ft = 1,006 m

Kecepatan : 100 ft/menit = 30,48 m/menit

Power motor : 2 HP

Jumlah : 1 buah

5. BUCKET ELEVATOR (J-114A)

Fungsi : Mengangkut batu kapur ke Bin (F-115)

Type : Centrifugal discharge

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 26,56 ton/jam

Ukuran : (6 x 4 x 4 ¼) in

Lebar : 7 in

Kecepatan : 651,115 ft/menit

Daya motor : 4 HP

Jumlah : 1 buah

6. BIN BATU KAPUR (F-115)

Fungsi : Penampung batu kapur

Type : silinder tegak tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi : di = 11,958 ft = 143,5 in

thb = 4/16 in

ts = 416 in

Tinggi tutup bawah = 10,362 ft = 124,347 in

Tinggi bin = 28,284 ft = 339,408 in

Jumlah : 1 buah

7. FURNACE (Q-116)

Fungsi : Tempat pembakaran

Type : Thermal direct fire heater

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 19332,0612 ft³/menit

Tebal refractory brick (X_{RB}) : 20 in

Tebal isolasi : 5 in

umlah : 1 buah

8. ROTARY KILN (B-110)

(Dapat dilihat pada spesifikasi alat utama Bab VI)

9. CYCLONE I (H-117A)

Fungsi : Memisahkan padatan halus dan gas dari rotary kiln (B-110)

Type : Duclone collector

Kapasitas : $D_c = 4,0305$ ft

$D_e = 2,015$ ft

$H_e = 2,015$ ft

$L_c = 8,061$ ft

$S_c = 0,5038$ ft

$Z_c = 8,061$ ft

$J_c = 1,0076$ ft

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

10. ROTARY COOLER (B-118)

Fungsi : Untuk mendinginkan bahan sampai suhu 90°C

Type : Single shell indirect rotary cooler

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Diameter : 6 ft

Panjang : 39 ft

Putaran : 4,246 rpm

Daya : 8,3 Hp

Jumlah : 1 buah

11. FILTER UDARA MASUK (H-119)

Fungsi : Menyaring udara

Type : dry filter

Bahan : Carbon Steel SA 135 Grade M

Kapasitas : 1000 ft³/menit

Rate volume udara : $5688,478$ ft³/menit

Ukuran dry filter : (38 x 15)ft

Jumlah : 6 buah

12. BLOWER (L-121)

Fungsi : Memompakan udara menuju rotary cooler (B-118)

Type : Centrifugal blower

Bahan : Carbon Steel

Power motor: 15 Hp

Jumlah : 1 buah

13. CYCLONE II (H-117B)

Fungsi : Memisahkan padatan halus dan gas dari rotary cooler (B-118)

Type : Duclone collector

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : Dc = 4,0305 ft

De = 2,015 ft

He = 2,015 ft

Lc = 8,061 ft

Sc = 0,5038 ft

Zc = 8,061 ft

Jc = 1,0076 ft

Jumlah : 1 buah

14. PREHEATER (E-129)

Fungsi : Pemansan awal air

Type : Shell and tube

Bahan konstruksi : Carbon steel

Dimensi :

- Type HE : 1 - 2

- Bagian Shell : IDS = 15¼ in n = 1

B = 7 de = 0,99

- Bagian tube : OD = 1 in BWG 8 n = 2

ID = 0,670 in l = 16 ft

a' = 0,355 in Pitch = 1¼ (square)

a'' = 0,2618 ft²/ft

Jumlah : 1 buah

15. WASTE HEAT BOILER (E-130)

Fungsi : Unit penghasil steam

Type : Shell and tube

Bahan konstruksi : Carbon steel

Dimensi :

- Type HE : 1 - 2
- Bagian Shell : IDS = 31 in $n = 1$
 $B = 7$ $de = 0,99$
- Bagian tube : OD = 1 in BWG 8 $n = 2$
 $ID = 0,670$ in $l = 16$ ft
 $a = 0,355$ in $Pitch = 1\frac{1}{4}$ (square)
 $a'' = 0,2618$ ft²/ft

Jumlah : 1 buah

16. BELT CONVEYOR (J-112C)

Fungsi : Mengangkut CaO menuju bucket elevator (J-114B)

Type : Flat belt 20° idler

Bahan : Reinforced Rubber

Dimensi :

panjang = 54 ft = 16,459 m

lebar = 3,3 ft = 1,006 m

Kecepatan : 100 ft/menit = 30,48 m/menit

Power motor : 2 HP

Jumlah : 1 buah

17. BUCKET ELEVATOR (J-114B)

Fungsi : Mengangkut CaO menuju ke Bin CaO (F-122)

Type : Centrifugal discharge

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 15,434 ton/jam

Ukuran : (6 x 4 x 4 $\frac{1}{4}$) in

Lebar : 7 in

Kecepatan : 378,363 ft/menit

Daya motor : 2 HP

Jumlah : 1 buah

18. BIN CaO (F-122)

Fungsi : Menampung CaO

Type : silinder tegak tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Dimensi : di = 10,469 ft = 125,628 in

thb = 3/16 in

ts = 3/16 in

Tinggi tutup bawah = 9,073 ft = 108,873 in

Tinggi bin = 22,256 ft = 267,072 in

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

19. MIXER (M-123)

Fungsi : Mencampur antara CaO dan air dengan pengadukan

Jenis : Silinder tegak, tutup bawah konis dengan sudut 60° dan dilengkapi pengaduk

Dimensi vessel : do = 90 in ; di = 89,813 in ; ts = 3/16 in ; thb = 3/16 in dan

Tinggi tangki = 201,096 in

Bahan : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

Jenis pengaduk : axial turbine with 6 blades at 45° angle

Dimensi pengaduk : Di = 29,938 in ; Zi = 26,944 in ; L = 9,979 in ;

W = 5,089 in

Bahan : Carbon steel, SA 240 grade M type 316

20. THICKENER (H-125)

Fungsi : Untuk memisahkan slurry Ca(OH)₂ dengan larutan (air)

Jenis : Silinder tegak, tutup bawah konis dan dilengkapi pengaduk

Dimensi vessel : do = 96 in ; di = 95,625 in ; ts = 3/16 in ; thb = 3/16 in dan

tinggi tickener = 168 in

Bahan : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

Jenis pengaduk : axial turbine 4 blades at 45° angle

Dimensi pengaduk : $D_i = 18,389$ in ; $Z_i = 95,625$ in ; $L = 15,998$ in ;
 $W = 1,839$ in

Bahan pengaduk : Carbon steel, SA 240 grade M type 316

21. POMPA (L-124A)

Fungsi : Mengalirkan Slurry menuju Thickener (H-125)

Type : Rotary pump

Bahan : Carbon steel

Dimensi pompa : $d_o = 2,875$ in ; $d_i = 2,469$ in ; $A = 4,783$ ft²

Daya pompa : 21,5 Hp

Kapasitas : 113,498 gpm

Jumlah : 1 buah

22. POMPA (L-124B)

Fungsi : Mengalirkan slurry Ca(OH)_2 menuju Reaktor (R-120)

Type : Rotary pump

Bahan : Carbon steel

Dimensi pompa : $d_o = 2,875$ in ; $d_i = 2,469$ in ; $A = 4,783$ ft²

Daya pompa : 24 Hp

Kapasitas : 87,322 gpm

Jumlah : 1 buah

23. STORAGE LARUTAN H_2SO_4 (F-126)

Fungsi : Tangki penampung larutan H_2SO_4

Jenis : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished

Dimensi : $d_i = 167,5$ in ; $d_o = 168$; $t_s = 4/16$ in ; $t_{ha} = 5/16$ in ;
 $h_a = 28,308$ in tinggi shell = 231,228 in
 tinggi storage = 259,536 in

Bahan : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

24. POMPA CENTRIFUGAL (L-127A)

Fungsi : Mengalirkan H_2SO_4 menuju mixer (M-128)

Type : Centrifugal pump

Bahan : Carbon Steel

Dimensi pompa : $d_o = 2,375$ in ; $d_i = 2,067$ in ; $A = 0,0233$ ft²

Daya pompa : 48 Hp
 Kapasitas : 95,705 gpm
 Jumlah : 1 buah

25. TANGKI PENGECER LARUTAN H_2SO_4 (M-128)

Fungsi : Mengencerkan larutan H_2SO_4 sampai 15%
 Jenis : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk standart dished, tutup atas berbentuk standart dished dan dilengkapi pengaduk
 Dimensi vessel : $do = 204$ in ; $di = 203,625$ in ; $ts = 3/16$ in ; $tha = 1/4$ in ;
 $thb = 1/4$ in ; $ha = 34,413$ in ; $hb = 34,413$ in
 tinggi tangki = 325,158 in
 Bahan : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316
 Jumlah : 1 buah
 Jenis pengaduk : axial turbine with 6 blades at 45° angle
 Dimensi pengaduk : $Di = 68,875$ in ; $Zi = 183,263$ in ; $L = 67,875$ in ;
 $W = 34,616$ in
 Bahan : Carbon steel, SA 240 grade M type 316

26. POMPA CENTRIFUGAL (L-127B)

Fungsi : Mengalirkan larutan H_2SO_4 menuju Reaktor (R-120)
 Type : Centrifugal pump
 Bahan : Carbon steel
 Dimensi pompa : $do = 5,563$ in ; $di = 5,047$ in ; $A = 0,1390$ ft²
 Daya pompa : 38 Hp
 Kapasitas : 613,865 gpm
 Jumlah : 1 buah

27. REAKTOR (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan antara kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ dan asam sulfat (H_2SO_4) sehingga terbentuk $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
 Jumlah : 1 buah
 Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dishead dan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 120° .
 Perlengkapan : Pengaduk dan coil pendingin
 Kondisi operasi : - Temperatur = $46,13^\circ C$

- Tekanan = 1 atm

- Waktu operasi = 1 jam

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

$f = 18750$ (Brownell & Young, App. D-4 hal. 342)

Jenis pengelasan : Double welded butt joint

$E = 0,8$ (Brownell & Young, tabel 13.2 hal. 254)

Faktor korosi (C): 1/16

Bahan masuk : 66629,9467 kg/jam = 146892,3805 lb/jam

Spesifikasi Reaktor :

A. Dimensi tangki :

Bahan konstruksi = Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

di (diameter dalam) = 215,75 in

do (diameter luar) = 216 in

t_s (tebal silinder) = 3/16 in

L_s (tinggi silinder) = 265,495 in

tha (tebal tutup atas) = 5/16 in

ha (tinggi tutup atas) = 50,161 in

thb (tebal tutup bawah) = 7/16 in

hb (tinggi tutup bawah) = 65,283 in

B. Dimensi pengaduk :

Jenis pengaduk = axial turbin 6 blades sudut 45°

Bahan impeller = High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

Bahan poros pengaduk = Hot Roller SAE 1020

Diameter impeller = 71,917 in

Tinggi impeller dari dasar bejana = 64,725 in

Lebar impeller = 12,226 in

Panjang impeller = 17,979 in

tebal blades = 17,979 in

Diameter poros = 2,9115 in

Daya pengaduk = 325 Hp

Jumlah pengaduk = 1 buah

C. Perpipaan

Ukuran pipa pemasukan bahan baku utama	= 2,375 in
Ukuran pipa pemasukan H ₂ SO ₄	= 5,563 in
Ukuran pipa pemasukan coil pendingin	= 4,500 in
Ukuran pipa pengeluaran coil pendingin	= 4,500 in
Ukuran pipa pengeluaran produk	= 6,625 in
Ukuran man hole	= 20 in

D. Coil pendingin

Diameter coil	= 140,236 in
Tinggi lilitan coil	= 80 in
Jumlah lilitan	= 18 lilitan
Bahan konstruksi	= High Alloy steel SA – 240 Grade M type 316

E. Flange

Bahan konstruksi	= High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
Tensile strength minimum	= 75000 psia
Allowable stress (f)	= 18750
Tebal flange	= 8,859 in
Diameter dalam flange	= 216 in
Diameter luar flange	= 216,5 in
Type flange	= Ring flange loose type

F. Bolting

Bahan konstruksi	= High Alloy Steel SA 193 Grade B8c type 347
Tensile strength minimum	= 75000 psia
Allowable stress (f)	= 15000
Ukuran baut	= 2 in
Jumlah baut	= 42 buah

G. Gasket

Bahan konstruksi	= asbestos filled
Lebar gasket	= 1,226 in
Tebal gasket (n)	= 8/16 in
Gasket factor (m)	= 3,75
Min design seating stress (y)	= 9000 psia

H. Sistem Penyangga

Jenis	= Kolom I beam
Jumlah penyangga	= 5 buah
Panjang penyangga	= 325,5 in
Nominal size	= 12 in
Area of section (A_y)	= 9,26 in ²
Depth of beam (h)	= 12 in
Width of flange (b)	= 5,00 in
Axis (r)	= 4,83 in

I. Base Plate

Panjang base plate (p)	= 29 in
Lebar base plate (l)	= 24 in
Ukuran baut	= 1½ in
Tebal baut	= ½ in
Jumlah baut	= 4 buah

J. Lug dan Gusset

Tebal plate horizontal	= 1/16 in
Tebal plate vertikal	= 1/16 in
Lebar lug dan Gusset	= 9 in
Tinggi lug dan Gusset	= 10 in

K. Sistem Pondasi

Luas atas	= (25 x 25) in
Luas bawah	= (50 x 50) in
Tinggi	= 30 in
Bahan	= Cemen Sand dan Gravel

28. POMPA ROTARY (L-124C)

Fungsi	: Mengalirkan bahan menuju evaporator (V-131)
Type	: Rotary pump
Bahan	: Carbon steel
Dimensi pompa	: $d_o = 6,625$ in; $d_i = 6,065$ in ; $A = 0,2006$ ft ²
Daya pompa	: 25 Hp
Kapasitas	: 613,865 gpm

Jumlah : 1 buah

29. EVAPORATOR (V-131)

Fungsi : Memekatkan larutan sampai 80%

Bahan : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Diameter : $d_o = 128,671$ in dan $d_i = 127,921$ in

Tebal shell : $t_s = 3/8$ in

Tebal tutup : $t_{ha} = 4/16$ in dan $t_{hb} = 4/16$ in

Tinggi evaporator: $h_a = 21,618$ in ; $h_b = 21,618$ in ; $L_s = 191,88$ in ;

Jumlah tube : 124 buah

Dimensi tube : - Panjang tube = 8 ft

- Diameter luar (OD) = 1,9 in = 0,158 ft

- Diameter dalam (ID) = 1,5 in = 0,125 ft

- Susunan tube tiangular pitch

- luas rata-rata tiap effect = 388,172 ft²

Jumlah evaporator : 3 buah

30. EJEKTOR (G-133)

Fungsi : Memvakumkan evaporator pada effect III

Bahan : Carbon steel

Steam yang dibutuhkan : 1,9157 lb/jam

Jumlah : 1 buah

31. BAROMETRIK KONDENSOR (E-132)

Fungsi : Mengkondensasikan uap yang berasal dari evaporator

Type : Wet dry parralel current condensor

Diameter kondensor : $D = 9,099$ ft = 108,108 in

Diameter pipa : - Pipa uap masuk = 34 in sch 40

- Pipa masuk air pendingin = 17 in sch 40

- Pipa keluar air pendingin = 22 in sch 40

Bahan : Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

32. POMPA ROTARY (L-124D)

Fungsi : Mengalirkan bahan ke evaporator effect II

Type : Rotary pump

Bahan : Carbon Steel
 Dimensi pompa : $d_o = 3,500$ in; $d_i = 3,068$ in ; $A = 0,0513$ ft²
 Daya pompa : 55 Hp
 Jumlah : 1 buah

33. POMPA ROTARY (L-124E)

Fungsi : Mengalirkan bahan ke evaporator effect III
 Type : Rotary pump
 Bahan : Carbon Steel
 Dimensi pompa : $d_o = 3,500$ in; $d_i = 3,068$ in ; $A = 0,0513$ ft²
 Daya pompa : 55 Hp
 Jumlah : 1 buah

34. POMPA ROTARY (L-124F)

Fungsi : Mengalirkan bahan menuju kristalizer (X-134)
 Type : Rotary pump
 Bahan : Carbon Steel
 Dimensi pompa : $d_o = 3,500$ in; $d_i = 3,068$ in ; $A = 0,0513$ ft²
 Daya pompa : 55 Hp
 Jumlah : 1 buah

35. KRISTALIZER (X-134)

Fungsi : Membentuk kristal $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Type : Swenson and walker
 Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316
 Diameter : 24 in = 2 ft
 Panjang : 40 ft
 Tebal dinding : $\frac{1}{2}$ in
 Jenis pengaduk : Spiral agitator
 Bahan konstruksi : Carbon steel
 Jumlah : 5 buah

36. CENTRIFUGE (H-135)

Fungsi : Memisahkan kristal dan larutan induk
 Bahan : Carbon Steel
 Diameter : 40 in = 1 m

Kecepatan putar : 1200 rpm

Power : 20 Hp

37. BELT CONVEYOR (J-112D)

Fungsi : Mengangkut produk menuju Ball Mill (C-137)

Type : Flat belt 20° idler

Bahan : Reinforced Rubber

Dimensi : panjang = 54 ft = 16,459 m
lebar = 3,3 ft = 1,006 m

Kecepatan : 100 ft/menit = 30,48 m/menit

Power motor : 2 HP

Jumlah : 1 buah

38. BALL MILL (C-137)

Fungsi : Untuk memperkecil ukuran sampai 100 mesh

Type : Silinder horizontal

Bahan : Carbon steel

Panjang : 5,478 m

Diameter mill : 1,826 m

Daya motor : 20 Hp

Bahan : Carbon stell

Jumlah : 1 buah

39. VIBRATING SRCEEN (H-138)

Fungsi : Menyaring produk yang berasal dari ball mill (X-137)

Type : Vibrating screen

Luas ayakan : $A = 35,567 \text{ ft}^2 = 5121,648 \text{ in}^2$

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

40. BELT CONVEYOR (J-112E)

Fungsi : Mengangkut produk menuju bucket elevator (J-114C)

Type : Flat belt 20° idler

Bahan : Reinforced Rubber

Dimensi : panjang = 54 ft = 16,459 m

lebar = 3,3 ft = 1,006 m

Kecepatan : 100 ft/menit = 30,48 m/menit

Power motor : 2 HP

Jumlah : 1 buah

41. BUCKET ELEVATOR (J-114C)

Fungsi : Mengangkut produk menuju bin produk (F-139)

Type : Centrifugal discharge

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas : 16,598553 ton/jam

Ukuran : (6 x 4 x 4 ¼) in

Lebar : 7 in

Kecepatan : 795,189 ft/menit

Daya motor : 2,5 HP

Jumlah : 1 buah

42. BIN PRODUK (F-139)

Fungsi : Menampung produk $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Type : silinder tegak tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi : $d_i = 155,5 \text{ in} = 12,958 \text{ ft}$

$thb = 4/16 \text{ in}$

$ts = 4/16 \text{ in}$

Tinggi tutup bawah = 11,229 ft = 134,748 in

Tinggi bin = 24,187 ft = 290,244 in

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

43. MESIN PENGEMAS (P-140)

Fungsi : Untuk mengemas produk

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M Type 240

Kapasitas bahan masuk : 25252,525 kg/jam = 55671,717 lb/jam

Kapasitas mesin : 50505,05 kg/jam = 111343,433 lb/jam

46. GUDANG PRODUK (F-141)

Fungsi : Menyimpan produk yang siap untuk dipasarkan

V-16

Bahan : Beton
Ukuran : Panjang = 60 m
 : Lebar = 30 m
 : Tinggi = 4 m
Jumlah : 1 buah

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

1. Nama Alat : Rotary Kiln (B-110)
2. Fungsi : Untuk mereduksi CaCO_3 menjadi CaO
3. Prinsip kerja :

Rotary kiln berupa silinder yang berputar pada bearing dan sedikit membentuk sudut terhadap horizontal. Feed masuk dari ujung silinder yang lebih tinggi dengan bantuan perputaran shell dan slope dari silinder dan material akan keluar dari ujung yang lainnya. Udara panas yang dihasilkan burner masuk ke dalam silinder dengan bantuan blower. Untuk selanjutnya flue gas dari dalam silinder dengan bantuan exhaust dialirkan ke dalam cyclone dimana kemungkinan partikel halus dapat ditampung. Pengaliran feed rate dan udara panas dilakukan secara berlawanan arah (counter current).

4. Kondisi operasi :

- Feed rate	= 10000 kg/jam
- Produk feed	= 5811,102 kg/jam
- Gas yang keluar	= 14105,232 kg/jam
- Temperatur produk	= 1100°C
- Temperatur feed	= 30°C
- Temperatur flue gas masuk	= 1134°C
- Temperatur flue gas keluar	= 300°C
- Bahan bakar fuel oil	= 1013,633 kg/jam

- Heating value = 8583,236 kkal/kg

5. Tahap - tahap perencanaan

Tahap - tahap perencanaan rotary kiln meliputi :

- a. Perencanaan dimensi rotary kiln dan bahan konstruksinya
- b. Perencanaan penggerak untuk pemutar rotary kiln
- c. Perencanaan poros dan roll suporting
- d. Perencanaan bearing dan housing
- e. Perencanaan sistem pondasi
- f. Perencanaan kelengkapan rotary kiln

A. PERENCANAAN DIMENSI ROTARY KILN DAN BAHAN KONSTRUKSINYA

Dasar perencanaannya adalah :

- 1. Diameter, panjang dan tebal kiln
- 2. Putaran kiln
- 3. Time of passage
- 4. Slope

A1. Perencanaan diameter, panjang dan tebal kiln

a. Mencari diameter kiln

Kebutuhan panas seluruhnya untuk rotary kiln

$$Q_t = 2983354,902 \text{ kkal/jam} \quad (\text{dari neraca panas})$$

Diameter dalam kiln :

$$D = \sqrt{\frac{mc}{1/4 \times \pi \times G}} \quad (\text{Perry's edisi 3 hal 833})$$

Dimana : mc = rate flue gas (lb/jam)

$$G = \text{rate udara (lg/jam.ft}^2\text{)}$$

Flue gas dari neraca massa

Komponen	Mol (kgmol/jam)	BM (kg/kgmol)	Massa (kg/jam)	Cp (kkal/kg.°C)	$\frac{n_i}{n_t} \times C_p$
CO ₂	0,0728	44	3,2032	12,54	1,443258
SO ₂	0,0000688	64	0,0044	12,48	0,001357
H ₂ O	0,063	18	1,134	9,36	0,932248
O ₂	0,1043	32	3,3376	8,32	1,371901
N ₂	0,39237	28	10,9863	7,56	4,689527
	0,62535		18,6655		8,43829

$$\text{BM campuran flue gas} = \frac{18,6655 \text{ kg/jam}}{0,62535 \text{ kmol/jam}} = 29,5089 \text{ kg/kgmol}$$

$$C_p \text{ campuran} = \sum \frac{n_i}{n_t} \times C_p$$

$$= 8,43829 \text{ kkal/kgmol.}^\circ\text{C} = 0,28596 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$m_c = \frac{Q_1}{C_p \times \Delta T} = \frac{2983354,902 \text{ kkal/jam}}{(0,28596 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}) \times (1134 - 300)^\circ\text{C}}$$

$$= 12509,455 \text{ kg/jam} = 27578,59 \text{ lb/jam}$$

Untuk faktor keamanan diambil $m_c = 30000 \text{ lb/jam}$

$$G \text{ (rate udara)} = 200 - 10000 \text{ lb/jam.ft}^2 \quad (\text{Perry's ed. 3 hal 832})$$

$$\text{Diambil } G = 1000 \text{ lb/jam.ft}^2$$

Sehingga :

$$D = \sqrt{\frac{m_c}{1/4 \times \pi \times G}} = \sqrt{\frac{30000 \text{ lb/jam}}{1/4 \times 3,14 \times 1000 \text{ lb/jam.ft}^2}} = 6,18 \text{ ft} \approx 6,5 \text{ ft}$$

Diameter dalam kiln = 6,5 ft = 1,98 m

isolasi yang dipakai adalah hard brick dengan tebal isolasi 2,5" = 0,0635 m

VI-4

maka :

$$\begin{aligned}\text{Diameter dalam kiln} &= d_i + 2t_s \\ &= 1,98 \text{ m} + 2(0,0635 \text{ m}) = 2,107 \text{ m} \\ &= 6,913 \text{ ft}\end{aligned}$$

b. Mencari panjang kiln

Dasar dari neraca panas didapat temperatur gas :

$$\text{Masuk} = 1134^\circ\text{C} = 2073,2^\circ\text{F}$$

$$\text{Keluar} = 300^\circ\text{C} = 572^\circ\text{F}$$

$$Q_t = 2983354,902 \text{ kkal/jam} = 11838897,85 \text{ btu/jam}$$

Panjang kiln :

$$L = \frac{Q_t}{0,4 \times G^{0,67} \times D \times \Delta t_m} \quad (\text{Perry's edisi 7 hal 12-54})$$

Dimana :

Q_t = jumlah panas yang dipindahkan

L = panjang rotary kiln

D = diameter rotary kiln = 6,913 ft

G = kecepatan udara = 1000 lb/jam.ft²

$$N_t = \frac{(t_2 - t_1)}{\Delta t_m} \quad (\text{Perry,s edisi 7 hal 12-54})$$

$$\text{Harga } N_t = 2,5 \quad (\text{Perry,s edisi 7 hal 12-54})$$

$$2,5 = \frac{(2073,2 - 572)}{\Delta t_m} \quad \Rightarrow \Delta t_m = 600,48^\circ\text{F}$$

$$L = \frac{11838897,85 \text{ btu/jam}}{0,4 \times (1000 \text{ lb/jam.ft}^2)^{0,67} \times (6,913 \text{ ft}) \times (600,48^\circ\text{F})}$$

$$L = 69,675 \text{ ft} \approx 70 \text{ ft}$$

Dari Ulrich tabel 4.10 hal 132 didapatkan :

$$D = 1 - 4 \text{ m} = 3,18 - 13,123 \text{ ft}$$

$$L = 10 - 160 \text{ m} = 32,808 - 524,93 \text{ ft}$$

$$L/D = 10 - 40$$

Dari perhitungan :

$$L/D = \frac{70 \text{ ft}}{6,913 \text{ ft}} = 10,128 \rightarrow \text{memenuhi}$$

c. Mencari tebal kiln

Mencari tebal shell

Shell dari rotary kiln terbuat dari Carbon steel SA 240 Grade M tipe 316 mempunyai stress allowable 12.500 (*Brownel, hal. 343*), sedangkan untuk lasnya menggunakan welded but join tanpa backing up strip dengan $E = 0,7$ dan $t_s < 5/8$ "

$$t = \frac{P_i \times D_i}{2fE - 0,6P} + C$$

Dimana : t = tebal shell (dinding berbentuk silinder)

P = tekanan

D = diameter

fE = allowable stress

C = faktor korosi min 2/16"

Tensile stress yang diijinkan dengan rumus

$$f_{all} = f_u \times f_m \times f_r \times f_a \times f_s$$

dimana :

f_u = altimate stenght (45000 – 75000 psi) diambil 45000 psi

f_m = material faktor (1)

f_r dan $f_a = 1$ (dianggap tidak ada faktor relieving dan radiograpig)

f_s = faktor koreksi yang berhubungan dengan safeti faktor (0,20)
(Hesse, hal 84)

Maka :

$$f_{all} = 45000 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,20 = 9000 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume rotary kiln} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (6,913 \text{ ft})^2 \times (70 \text{ ft}) = 2626,037 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume fraksi} = 10\%$$

$$H/D = 0,16 \text{ (Perry's edisi 5 hal. 6-50)}$$

$$\rho \text{ material} = 50,0053 \text{ lb/ft}^3$$

maka :

$$H = 0,16 D = 0,16 \times 6,913 \text{ ft} = 1,1061 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan material} &= H \times \rho \text{ material} \\ &= 1,1061 \times 50,0053 \text{ lb/ft}^3 = 55,3099 \text{ lb/ft}^2 = 0,3841 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan material} = 0,3841 \text{ psi} + 14,7 = 15,0841 \text{ psig}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{15,0841 \times 6,913 \times 12}{(2 \times 9000 \times 0,7) - (0,6 \times 15,0841)} + \frac{2}{16} \\ &= 0,09938 + \frac{2}{16} = \frac{3,59}{16} \approx \frac{4}{16} \end{aligned}$$

Diameter luar shell :

$$d_o = d_i + 2t_s = 6,913 + 2(0,25/12) = 6,955 \text{ ft}$$

Menentukan berat shell

1. Berat isolasi

$$\text{Panas yang terjadi} = 2983354,902 \text{ kkal/jam} = 11838897,85 \text{ btu/jam}$$

isolasi yang dipakai adalah hard brick 2,5"

Densitas hard brick = 128 lb/ft³ (Perry's edisi 7 hal. 28-36)

$$\text{Berat isolasi} = \frac{1}{4} \times \pi \times (d_o^2 - d^2) \times L \times \rho$$

Dimana :

d_o = diameter luar isolasi

d = diameter dalam isolasi

L = panjang rotary kiln

ρ = densitas material

$$\begin{aligned} \text{berat isolasi} &= \frac{1}{4} \times (3,14) \times (6,913^2 - 6,5^2) \text{ft}^2 \times 70 \text{ ft} \times 128 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 38963,113 \text{ lb} \end{aligned}$$

2. Berat solid hold up

Dimana :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \\ &= \frac{1}{4} \times (3,14) \times (6,5 \text{ ft})^2 \times (70 \text{ ft}) = 2626,037 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

ρ = densitas material = 50,0053 lb/ft³

$$\text{Berat solid hold up} = 2626,037 \text{ lb/ft}^3 \times 50,0053 \text{ ft}^3 = 13130,184 \text{ lb}$$

3. Berat shell

$$\text{Berat shell} = \frac{1}{4} \times \pi \times (d_o^2 - d^2) \times L \times \rho$$

Dimana :

d_o = diameter luar shell = 6,955 ft

d = diameter dalam shell = 6,913 ft

L = panjang rotary kiln = 70 ft

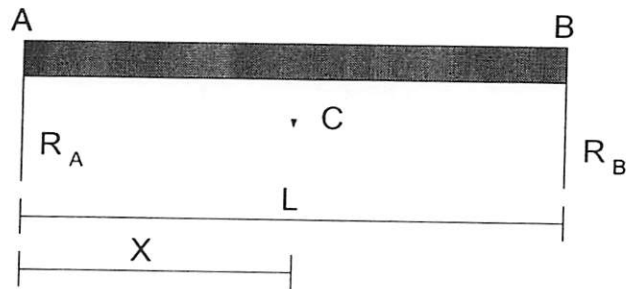
ρ = densitas plate steel = 490 lb/ft³

$$\begin{aligned} \text{berat isolasi} &= \frac{1}{4} \times (3,14) \times (6,955^2 - 6,913^2) \text{ft}^2 \times 70 \text{ ft} \times 490 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 15558,08 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi berat shell seluruhnya :

$$\begin{aligned}\text{berat} &= 38963,113 \text{ lb} + 13130,184 \text{ lb} + 15558,08 \text{ lb} \\ &= 67651,367 \text{ lb}\end{aligned}$$

d. Menentukan momen maksimum



Dianggap muatan total sebagai muatan yang terbagi sepanjang rotary kiln.

dimana :

$$W = \text{berat beban} = 67651,367 \text{ lb}$$

untuk keamanan diambil 68000 lb

$$L = \text{panjang rotary kiln} = 70 \text{ ft}$$

maka :

$$W = \frac{68000}{70} = 971,429 \text{ lb}$$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \times 68000 \text{ lb} = 34000 \text{ lb}$$

$$\text{Bending momen} = dM_x / dx = 0$$

$$- 971,429x + 34000 = 0$$

$$x = 35 \text{ ft}$$

Jadi momen terjadi pada $x = 35 \text{ ft}$

A2. Perencanaan Putaran kiln

Untuk menentukan putaran dari rotary kiln digunakan persamaan :

$$N = \frac{V}{\pi \times D}$$

Dimana :

N = kecepatan putaran kiln

V = circum ferential velocity (25 – 40 ft/menit) diambil 35 ft/menit

D = diameter kiln = 6,955 ft

Maka :

$$N = \frac{35 \text{ ft/menit}}{3,14 \times 6,955 \text{ ft}} = 1,603 \approx 2 \text{ rpm}$$

A3. Perencanaan Time of Passage dan slope

Penentuan time of passage adalah untuk mengetahui lama perjalanan material dalam rotary kiln dapat ditentukan dengan persamaan ;

$$\theta = \frac{0,19L}{N \times D \times S} \quad (\text{Perry's edisi 5 hal. 20-37})$$

dimana :

θ = time of passage

L = panjang kiln

N = putaran kiln

D = diameter kiln

S = slope dari kiln = $\frac{1}{4} - \frac{3}{4}$ in/ft (Perry's edisi 5 hal. 20-36)

$$= \frac{2}{4} \text{ in/ft} = 0,1667/4 \text{ ft/ft} = 0,0417$$

$$\tan \alpha = 0,0417, \quad \alpha = 2,388^\circ$$

Maka :

$$\theta = \frac{0,19 \times 70 \text{ ft}}{2 \text{ rpm} \times 6,5 \text{ ft} \times 0,0417} = 24,534 \text{ menit}$$

B. PERENCANAAN PENGGERAK UNTUK PEMUTAR ROTARY KILN

Rotary kiln dipasang dengan sudut kemiringan $2,388^\circ$ terhadap horisontal dan berputar pada bearing. Letak bearing 17,5 ft dari tepi (lihat gambar) dan letak gear sebagai penggerak berjarak 35 ft (ditengah). Untuk penggerak dari kiln digunakan gear drive yaitu suatu gigi (gear) yang digerakkan oleh pinion, sedangkan pinion itu sendiri digerakkan oleh suatu motor.

Adapun bahan konstruksi dari roda gigi dan pinion adalah hardened steel yang mempunyai allowable stress 30000 psi (*Hesse, table 51, hal 430*).

Dasar perencanaan penggerak ini meliputi :

1. Perencanaan ukuran gear penggerak.
2. Batas pemakaian muatan gear drive
3. Menentukan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar kiln
4. Menentukan putaran reducer

B.1 Perencanaan ukuran gear penggerak

Ukuran perencanaan dari gear dan pinion terlebih dahulu ditentukan :

- a. Jumlah gigi dari gear yang digunakan dengan persamaan hubungan antara pitch diameter dari gear dan pinion pitch

$$D_g = \frac{N_g \times P_c}{\pi} \quad (\text{Hesse, pers. 15-1 hal. 420})$$

$$D_g = \frac{N_g}{P_d} \quad (\text{Hesse, pers. 15-2 hal. 420})$$

$$\pi = P_c \times P_d \quad (\text{Hesse, pers. 15-2 hal. 420})$$

dimana :

$$D_g = \text{diameter gear}$$

P_c = circular pitch

N_g = jumlah gigi dari gear

P_d = rasio dari jumlah gigi dalam gear terhadap pitch diameter

Range dari circular pitch (P_c) adalah 1,75 – 2 (Hesse, hal. 420)

diambil $P_c = 2$ in maka :

$$\pi = P_c \times P_d$$

$$P_d = \frac{3,14}{2} = 1,57$$

Ditetapkan $D_g = 100$ in = 8,333 ft

Jumlah gigi gear :

$$N_g = \frac{D_g \times \pi}{P_c} = \frac{100 \times 3,14}{2} = 157 \text{ buah}$$

jadi jumlah gigi yang digunakan pada gear = 157 buah

b. Menentukan putaran pinion

Direncanakan pinion mempunyai gigi 60 buah (Hesse, hal. 433)

Maka diameter dari pinion didapat dari persamaan :

$$D_p = \frac{N_p \times P_c}{\pi} \quad (\text{Hesse, pers. 15-1 hal. 420})$$

dimana :

D_p = diameter pinion

P_c = circular pitch

N_p = jumlah gigi dari pinion

$$\text{maka : } D_p = \frac{60 \times 2}{3,14} = 38,217 \text{ in} = 3,185 \text{ ft}$$

Putaran dari pinion :

$$n_p = \frac{D_g}{D_p} \times n_g$$

dimana : n_p = putaran pinion

n_g = putaran gear = putaran shell = 2 rpm

D_g = diameter gear

D_p = diameter pinion

maka :

$$n_p = \frac{100 \text{ in}}{38,217 \text{ in}} \times 2 \text{ rpm} = 5,233 \text{ rpm}$$

c. Menentukan pitch line velocity dari gear dan pinion

Untuk pitch line velocity dari gear adalah :

$$V_m = \frac{\pi \times N \times \text{rpm}}{12 \times P_d} \quad (\text{Hesse, hal. 433})$$

dimana :

N = jumlah gigi dari gear

rpm = putaran dari gear

P_d = rasio dari jumlah gigi gear terhadap pitch diameter

maka :

$$V_m = \frac{3,14 \times 157 \times 2}{12 \times 1,57} = 52,333 \text{ ft/menit}$$

Untuk pitch velocity dari pinion :

$$V_m = \frac{\pi \times N \times \text{rpm}}{12 \times P_d}$$

dimana :

N = jumlah gigi dari pinion

rpm = putaran dari pinion

P_d = rasio dari jumlah gigi pinion terhadap pitch diameter

maka :

$$V_m = \frac{3,14 \times 60 \times 5,233}{12 \times 1,57} = 52,333 \text{ ft/menit}$$

d. Menentukan safe strenght gear dan pinion

$$F_s = \frac{S \times K \times b \times Y}{P_d} \quad (\text{Hesse, pers. 15-15 hal. 431})$$

dimana :

F_s = safe strenght (lb)

S = allowable stress (psi)

K = faktor kecepatan

B = lebar permukaan pinion dan gear (in)

Y = faktor permukaan gigi

P_d = rasio jumlah gigi terhadap pitch diameter

Data – data :

Bahan konstruksi pinion dan gear adalah hardened steel, maka allowable stress (S) = 30000 psi (*Hesse, tabel 15.1 hal 430*).

Untuk metallic gearing dengan kecepatan <1000 ft/menit (*Hesse, hal. 431*) mempunyai faktor kecepatan :

$$\begin{aligned} K &= \frac{600}{600 + V_m} && (\text{Hesse, pers. 15-13 hal. 431}) \\ &= \frac{600}{600 + 52,333} = 0,92 \end{aligned}$$

lebar permukaan pinion dan gear :

$$b = 9,5/P_d \text{ sampai } 12,5/P_d$$

digunakan $b = 12,5/P_d$

$$b = 12,5/1,57 = 7,962 \text{ in}$$

Menentukan faktor permukaan gigi (Y) digunakan persamaan untuk 20° full length involute gear (*Hesse pers.15-10 hal 430*) sebagai berikut :

1. Untuk pinion dengan jumlah gigi 60 buah

$$\begin{aligned} Y &= 0,484 - 2,85/N \\ &= 0,484 - (2,85/60) = 0,437 \end{aligned}$$

2. Untuk gear dengan jumlah gigi 157 buah

$$\begin{aligned} Y &= 0,484 - 2,85/N \\ &= 0,484 - (2,85/157) = 0,466 \end{aligned}$$

Jadi safe strenght (F_s) =

$$\text{- Pinion, } F_s = \frac{30000 \times 0,92 \times 0,437}{1,57} = 7682,293 \text{ lb}$$

$$\text{- Gear, } F_s = \frac{30000 \times 0,92 \times 0,466}{1,57} = 8192,102 \text{ lb}$$

- e. Menentukan kemampuan tenaga yang biasa ditransmisikan oleh gear drive.

Persamaan yang digunakan :

$$HP = \frac{F_s \times V_m}{33000} \quad (\text{Hesse, hal 434})$$

$$= \frac{7937,198 \times 52,333}{33000} = 12,587 \text{ HP} \approx 13 \text{ HP}$$

B.2 Menentukan Batas Pemakaian Muatan Gear Drive

Untuk mengetahui apakah beban total yang diterima oleh gear drive pada rotary kiln ini memenuhi syarat atau tidak maka diperhitungkan batas pemakaian muatan gear drive terlebih dahulu.

Persamaan yang digunakan :

$$F_w = D_p \times b \times Q \times W \quad (\text{Hesse, pers. 15.16 hal. 432})$$

dimana :

F_w = batas muatan (lb)

D_p = diameter pinion

b = lebar permukaan pinion = 4,5 in *(Hesse, tabel 15.3 hal 433)*

Q = velocity ratio faktor

W = material combination constant = 250 *(Hesse, tabel 15.2 hal 432)*

(Untuk hardened steel pinion full length involute 20°C)

$$Q = \frac{2N_g}{N_g + N_p} \quad (\text{Hesse, pers 15.17 hal 432})$$

$$= \frac{2 \times 157}{157 + 60} = 1,447$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_s &= 38,217 \times 4,5 \times 1,447 \times 250 \\ &= 62212,499 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Jadi batas muatan pada gear drive adalah 62212,499 lb

Adapun beban yang diterima oleh gear drive adalah :

a. Beban riding ring

Densitas cast iron (ρ) = 450 lb/ft² *(Perry ed. 7 hal 28-22)*

Berat riding ring = $2 \times \pi \times b \times (D^2 - d^2) \times \rho$

Dimana :

B = berat riding ring

D = diameter riding ring = $d + 2$ *(Perry ed. 7 hal 12-60)*

$$= d + 2 = 6,955 \text{ ft} + 2 = 8,955 \text{ ft}$$

VI-16

$$d = \text{diameter luar shell} = 8,955$$

Maka :

$$\begin{aligned} B &= 2 \times 3,14 \times 6/12 \text{ ft} \times (8,955^2 - 6,955^2) \text{ ft}^2 \times 450 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 33721,245 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Beban Gear

$$\text{Berat gear} = \pi \times b \times (D^2 - d^2) \times \rho$$

Dimana :

$$\rho (\text{steel}) = 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry ed. 7 hal 28-22})$$

$$D = \text{diameter gear} = 100 \text{ in}$$

$$d = \text{diameter luar shell}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Berat gear} &= 3,14 \times 6/12 \text{ ft} \times ((100/12)^2 - 6,955^2) \times 489 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 12133,446 \text{ lb} \end{aligned}$$

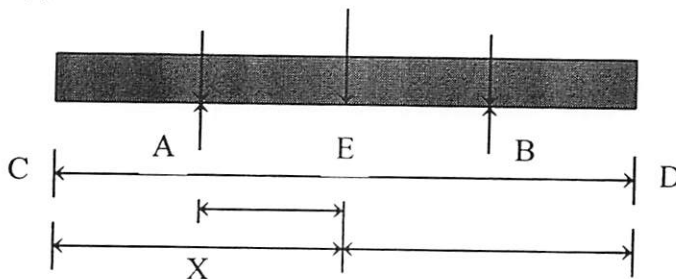
$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= \text{berat shell seluruhnya} + \text{berat riding ring} + \text{berat gear} \\ &= 67651,367 \text{ lb} + 33721,245 \text{ lb} + 12133,446 \text{ lb} \\ &= 113506,058 \text{ lb} \end{aligned}$$

c. Menentukan momen maksimal

$$\text{Berat shell} = 67651,367 \text{ lb (untuk keamanan diambil} = 68000 \text{ lb)}$$

$$L = 70 \text{ ft}$$

$$W = \frac{68000}{70} = 971,429 \text{ lb/ft}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \times 68000 \text{ lb} = 34000 \text{ lb}$$

$$\text{Bending momen} = dMx / dx = 0$$

$$- 971,429x + 34000 = 0$$

$$x = 35 \text{ ft}$$

Jadi momen terjadi pada $x = 35 \text{ ft}$

$$M_C = M_D = 0$$

$$\begin{aligned} M_A = M_B &= - W \times 17,5 \text{ ft} \times (17,5/2)\text{ft} \\ &= - 971,429 \text{ lb/ft} \times 17,5 \times 17,5/2 = - 148750,066 \text{ lb.ft} \end{aligned}$$

$$M_E = (-W \times 35 \text{ ft} \times 35/2 \text{ ft}) + (17,5 \times R_A) + (17,5 \times P)$$

Dimana P adalah berat riding ring =

$$\begin{aligned} M_E &= (- 971,429 \times 35 \times 35/2) + (17,5 \times 34000) + (17,5 \times 33721,245) \\ &= 590121,525 \text{ lb.ft} \end{aligned}$$

Stress yang terjadi akibat beban yang diterima rotary kiln :

$$F = \frac{M_{\text{Max}}}{I_z / y}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} I_z &= \frac{\pi}{64} \times (D^4 - d_2^4) = \frac{\pi}{64} (6,955^4 - 6,5^4) \\ &= 27,219 \text{ ft}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{I_z}{y} &= \frac{I_z}{1/2 \times D} = \frac{27,219}{1/2 \times 6,955} \\ &= 7,827 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$F = \frac{590121,525}{7,827} = 75395,621 \text{ lb/ft}^2 = 523,581 \text{ lb/in}^2$$

Besar defleksi yang terjadi berasal dari :

- Defleksi akibat beban terpusat (gear)

$$\delta_1 = \frac{W \times a \times v^3}{3E \times I \times L} \quad (\text{Hesse fig 5.35 hal. 118})$$

Dimana :

$$W = \text{berat gear} = 12133,446 \text{ lb}$$

$$a = \text{jarak dari gear ke rotary kiln sebelah kiri}$$

$$b = \text{jarak dari gear ke rotary kiln sebelah kanan}$$

$$E = \text{Modulus elastisity dari carbon steel } 30.10^6 \text{ Pa}$$

$$v = b \sqrt{\frac{1}{3} \times \frac{2a}{2b}} = 35 \sqrt{\frac{1}{3} \times \frac{2 \times 35}{2 \times 35}} = 20,207 \text{ ft}$$

Maka :

$$\delta_1 = \frac{12133,446 \times 35 \times 20,207^3}{3 \times 30 \times 10^6 \times 27,219 \times 70} = 0,0204 \text{ ft}$$

- Defleksi akibat beban merata = beban keseluruhan

$$\delta_1 = \frac{W \times L}{384 \times E \times I \times L} \times (5L^2 - 24b^2)$$

$$\delta_1 = \frac{68000 \times 70}{384 \times 30 \times 10^6 \times 27,219 \times 70} \times ((5 \times 70^2) - (24 \times 17,5^2))$$

$$= 0,00372 \text{ ft}$$

$$\text{Batas maksimum} = 1/360 \times L = 1/360 \times 70 = 0,194 \text{ ft}$$

$$\text{Defleksi maksimum} = \delta_1 + \delta_2$$

$$= 0,0204 \text{ ft} + 0,00372 \text{ ft} = 0,02412 \text{ ft}$$

$$\text{Stress yang diijinkan} = 0,75 \times 65000 \quad (\text{Hesse hal. 46})$$

$$= 48750 \text{ lb/in}^2$$

B.3 Menentukan Tenaga Yang Dibutuhkan

Menggunakan persamaan :

$$bhp = \frac{N(4,75d.w + 0,1925D.W + 0,33W)}{100000} \quad (\text{Perry's ed. 7 hal. 12-60})$$

Dimana :

N = besarnya putaran, rpm = 2 rpm

d = diameter shell = 6,955 ft

w = berat material = 13130,184 lb

D = diameter riding ring = 8,955 ft

W = berat total = 113506,058 lb

$$bhp = \frac{2\{(4,75 \times 6,955 \times 13130,184) + (0,1925 \times 8,955 \times 113506,058) + (0,33 \times 113506,058)\}}{100000}$$

$$= 13,338 \text{ hp}$$

B.4 Menentukan Putaran Reduser

Putaran gear drive = 2 rpm

Dipilih motor dengan putaran (nm) = 120 f/p rpm

Diambil : f = 50 Hz

p = 6 kutub

Jadi putaran motor (nm) = $120 \times 50/6 = 1000$ rpm

Untuk menghitung putaran pada reducer dipakai persamaan :

$$N_2 = \sqrt{N_1 \times N_3} \quad \text{dan} \quad i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_2}{N_3}$$

Dimana :

i = perbandingan putaran

N_1 = putaran motor

N_2 = putaran reducer

N_3 = putaran drive

VI-20

Untuk harga i dengan perbandingan $1 : 20 \sim 1 : 70$

Dipilih Double reducer

(Perry's ed.7 hal 29-13)

C. PERENCANAAN POROS DAN ROLL SUPPORTING

Direncanakan 4 buah roll supporting dan 4 buah poros (sudut 30°).

Berat total = 113506,058 lb

Sehingga setiap penyangga mempunyai beban vertikal (P) :

$$P = \frac{113506,058 \text{ lb}}{4} = 28376,5145 \text{ lb}$$

Beban yang langsung diterima oleh roll support (P_1) :

$$\frac{P}{P_1} = \cos 30^\circ$$

$$P_1 = \frac{P}{\cos 30^\circ} = \frac{28376,5145}{\cos 30^\circ} = 32766,377 \text{ lb}$$

Untuk faktor keamanan beban ditambahkan 10%, maka :

$$P_1 = 1,1 \times 32766,377 \text{ lb} = 36043,014 \text{ lb}$$

Direncanakan poros terbuat dari bahan forged or hot roller steel (20% carbon steel content). Tension ultimate atau compressive strength = 65000 psi (Hesse, hal. 467).

Disini bagian yang berputar diikat tegak pada poros sehingga poros ikut berputar bersama roll suport.

Panjang poros diambil = 45 in

Beban yang diterima = 36043,014 lb

Untuk menentukan diameter poros digunakan persamaan :

$$d^3 = \frac{16}{\pi \times S} \times \sqrt{(kT)^2 + (BM)^2} \quad (\text{Hesse, pers. 16-4 hal 466})$$

dimana :

d = diameter poros, in

T = Torque = 0 (tidak ada tarikan)

M = momen, lbin

B = faktor momen ketentuan + 1,5 (Bebas terus menerus)

$$\frac{W}{z} = \frac{36043,014}{2} = 18021,507 \text{ lb}$$

$$\text{Momentum (M)} = \frac{18021,507 \text{ lb}}{2} = 9010,754 \text{ lb}$$

Maka :

$$d^3 = \frac{16}{3,14 \times 48750} \times \sqrt{(1,5 \times 9010,754)^2} = 1,413 \text{ in}^3$$

$$d = 1,122 \text{ in}$$

Dari perhitungan di atas maka :

Diameter = 1,122 in

Panjang = 45 in

Bahan = forget or hot roller steel (20% carbon steel content)

a. Berat Poros

$$\text{Density steel } (\rho) = 489 \text{ lb/ft}^3 = 0,283 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{Berat Poros} = \pi/4 \times D^2 \times L \times \rho$$

Dimana :

$$D = \text{diameter poros} = 1,22 \text{ in}$$

$$L = \text{panjang poros} = 45 \text{ in}$$

$$\rho = \text{density steel} = 0,283 \text{ lb/in}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{Poros}} &= \pi/4 \times D^2 \times L \times \rho \\
 &= 3,14/4 \times 1,122^2 \times 45 \times 0,283 = 12,585 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

b. Berat roll suport

Untuk roll support direncanakan dari cast iron dengan diameter 12,5 in

Lebar roll suport = lebar riding ring = 6 in

ρ cast iron = 450 lb/ft³ = 0,26 lb/in³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat roll suport} &= \pi/4 \times b \times (D^2 - d^2) \times \rho \\
 &= 3,14/4 \times 6 \times (12,5^2 - 1,122^2) \times 0,26 \\
 &= 142,35 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

D. PERENCANAAN BEARING DAN HOUSING

Fungsi bearing (bantalan) adalah untuk menempuh poros roll suporting yang berputar.

Direncanakan disini jenis bearing, roller bearing.

Beban yang diterima berasal dari :

- Beban yang diterima roll = 36043,014 lb
 - Beban poros = 12,585 lb
 - Beban roll suport = 142,35 lb
- Jumlah = 36197,949 lb

Satu bearing menerima beban = 36197,949 lb/2 = 18098,9745 lb

$$\text{Putaran roll suport/poros (n)} = \frac{D_1}{D_2} \times N$$

dimana :

D_1 = diameter bearing = 8,955 ft = 107,46 in

D_2 = diameter rool suport = 12,5 in

N = putaran riding ring

Maka :

$$n = \frac{107,46}{12,5} \times 2 \text{ rpm} = 17,194 \text{ rpm}$$

Dengan menganggap rotary kiln dipakai secara terus menerus, maka :

L_h =(nominal life of working hours) = 20000 (untuk roller bearing)

$$\begin{aligned} L &= \frac{60 \times n \times L_h}{1000000} \\ &= \frac{60 \times 17,194 \times 20000}{1000000} = 20,633 \end{aligned}$$

$$L = \left(\frac{c}{p} \right)^p$$

dimana :

L = nominal life of working hours

C = basic dinamik capacity, lb

C/p = leading ratio

Untuk roller bearing $\rho = 10/3$

Maka :

$$20,633 = \left(\frac{c}{18098,9745} \right)^{10/3}$$

$$c = 44876,883 \text{ lb}$$



E. PERENCANAAN ROLLER TRUST BEARING

Fungsi dari roller trust bearing adalah untuk menahan gaya luncur yang mungkin terjadi akibat daya sudut yang dibentuk oleh silinder (rotary kiln) terhadap horisontal dan gaya disini akan ditahan satu pasang thrust roll.

Beban total = 113506,058 lb

$$\frac{P}{T} = \cos 2,388^\circ$$

$$T = \frac{P}{\cos 2,388^\circ} = \frac{113506,058}{0,9991} = 113604,715$$

Untuk faktor keamanan diambil 114000 lb

a. Perencanaan Centilever

Direncanakan centilever terbuat dari soft steel

Tensile ultimate dari compressive strength = 60000 psi

Panjang centilever diambil = 15 in

Momen (M) = 114000 x 15 = 1710000 lb.in

Diameter centilever diambil = 9 in

$$I_z = \frac{\pi}{64} \times D^4 = \frac{\pi}{64} \times (9 \text{ in})^4 = 321,899 \text{ in}^4$$

$$\frac{I_z}{y} = \frac{I_z}{1/2 \times D} = \frac{321,899 \text{ in}^4}{1/2 \times 9 \text{ in}} = 71,533 \text{ in}^3$$

Stress yang terjadi :

$$F = \frac{M}{\frac{I_z}{y}} = \frac{1710000}{71,533} = 23905,051$$

Defleksi yang terjadi :

$$\delta_1 = \frac{W \times L^3}{3E \times I \times L} \quad (\text{Hesse fig 5.35 hal. 118})$$

$$\delta_1 = \frac{1710000 \times 15^3}{3 \times 29 \times 10^6 \times 321,899 \times 15} = 0,0137$$

Dari partikel diatas diameter centilever cukup memenuhi syarat dimana stress yang terjadi lebih kecil dari stress yang diijinkan dan defleksi yang terjadi lebih kecil dari defleksi yang diijinkan.

b. Perencanaan trust bearing

Direncanakan jenis bearing = Helical Roller trust bearing

Beban yang direncanakan oleh trust bearing 12000 lb

$$L = \frac{60 \times n \times Lh}{1000000}$$

dimana :

L = nominal life million of revolution

n = kecepatan putaran (rpm)

Lh = nominal life in working hours = 20000 jam (untuk roller bearing)

Maka :

$$L = \frac{60 \times 17,194 \times 20000}{1000000} = 20,633$$

$$L = \left(\frac{c}{p} \right)^p$$

$$20,633 = \left(\frac{c}{18098,9745} \right)^{10/3}$$

$$c = 44876,883 \text{ lb}$$

F. PERENCANAAN SISTEM PONDASI

Direncanakan konstruksi dari bahan tanpa penulangan, campuran bahan terdiri dari perbandingan semen portland : kerikil = 1 : 2 : 3 (*Van Demicum Tek. Sipil oleh Ir. Imam S*)

Densitas bahan untuk komposisi (1 : 2 : 3) = 140 lb/ft³ (*Direktorat Jenderal Bina Marga Dep. Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik*). Tenaga beton yang diijinkan tanpa penulangan = 6 kg/cm² (*Peraturan beton 71 hal. 105*). Kondisi tanah adalah alluvial soil, tegangan tanah yang diijinkan adalah :

- min = 0,5 ton/ft²
- max = 1 ton/ft² (*Hesse, hal. 227*)

Untuk itu diadakan perbaikan dengan cara tanah yang sudah digali selanjutnya dilapisi dengan pasir kasar = 8 in; pecahan batu kerikil = 6 in; kerikil/pasir sampai rata kemudian disiram dengan air dan dipadatkan.

Sebagai data perhitungan disesuaikan dengan pondasi yang tahan terhadap getaran.

Direncanakan bentuk pondasi adalah limas terpancung dengan ukuran :

- atas (a) = 6,5 x 6,5 ft
- bawah (b) = 9 x 9 ft
- tinggi (t) = 5 ft

Sedangkan untuk lubang roll suporting :

- tinggi (t_L) = 7 in = 0,583 ft
- lebar (L) = 8 in = 0,667 ft
- panjang (P) = 18 in = 1,5 ft

$$\rho \text{ beton} = 140 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume pondasi} = \left[\frac{1}{3} t (a + b + \sqrt{ab}) \right] - [L \times P \times t_L]$$

$$V = \left[\frac{1}{3} \times 5 (6,5 \times 6,5) + (9 \times 9) + \sqrt{(6,5 \times 6,5)(9 \times 9)} \right] - [0,583 \times 0,667 \times 1,5]$$

$$V = 302,33425 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat pondasi} = 302,33425 \text{ ft}^3 \times 140$$

$$= 42326,79495 \text{ lb}$$

Berat yang diterima oleh pondasi berasal dari :

Beban yang diterima berasal dari :

- Beban yang diterima roll = 36043,014 lb
- Beban poros = 12,585 lb
- Beban roll suport = 142,35 lb
- Jumlah** = 36197,949 lb

Σ berat yang diterima oleh pondasi berasal dari :

$$36197,949 \text{ lb} + 42326,79495 \text{ lb} = 78524,744 \text{ lb}$$

Tegangan tanah yang terjadi akibat pembenahan :

$$(E) = \frac{P}{F} = \frac{78524,744 \text{ lb}}{9 \times 9} = 969,441 \text{ lb/ft}^2$$

Slope/sudut pondasi yang diijinkan pada :

$$\text{Tegangan tanah yang terjadi} = 969,5587 \text{ lb/ft}^2$$

Lebar permukaan :

Lebar permukaan :

- atas pondasi = 1,5 ft
- bawah pondasi = 5 ft

$$d = \frac{a}{57} \times \sqrt{E} = \frac{a}{57} \times \sqrt{966,5587} = 0,545a$$

$$\tan \theta = \frac{a}{d} = \frac{a}{0,545a} = 1,835$$

Permukaan bawah pondasi :

$$\text{Tinggi pondasi} = ((15 \times 12) - 2) = 178$$

$$\text{Actual slope} = 58 \text{ in}$$

$$\tan \theta = \frac{(5-1,5) \times 12}{58 \times 2} = 0,36 < 1,835 \text{ (memenuhi)}$$

Dari hasil di atas ternyata sudut pondasi cukup memenuhi, dimana $\tan \theta$ yang terjadi $<$ $\tan \theta$ yang dihitung. Ketahanan pondasi terhadap momen akibat gaya horisontal yang terjadi pada suatu bearing .

$$\text{Beban vertikal} = 113506,058 \text{ lb} \times \sin 2,388 = 4729,388 \text{ lb}$$

$$\text{Beban horisontal} = 113506,058 \text{ lb} \times \cos 2,388 = 113407,486 \text{ lb}$$

Momen akibat gaya horisontal (M_H)

$$\begin{aligned} M_H &= P_z \times h \\ &= 113407,486 \times (5 \times 12) = 6804449,16 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Momen akibat gaya vertikal (M_V)

$$\begin{aligned} M_V &= \Sigma P \times a \\ &= 4729,388 \text{ lb} \times 6,5 \times 12 = 368892,264 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Jadi ketahanan pondasi terhadap momen akibat gaya vertikal cukup kuat (pondasi tidak akan terangkat) karena momen horisontal $>$ moment vertikal.

G. KELENGKAPAN ROTARY KILN

Merencanakan Hopper :

Deketahui :

$$\text{Perencanaan aliran umpan} = 10000 \text{ kg/jam} = 22050 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 152,537 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Laju volumetrik} = \frac{22050 \text{ lb/jam}}{152,537 \text{ lb/ft}^3} = 144,555 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 60 \text{ detik} = 0,0167 \text{ jam}$$

Digunakan faktor keamanan 20%

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 144,555 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 0,0167 \text{ jam} \times 1,2 \\ &= 2,897 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Direncanakan corong yang digunakan berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan bukaan 50 cm (1,6404 ft)

$$V = \frac{\pi}{24 \tan \frac{1}{2} \alpha} \times (D_i^3 - D_o^3)$$

$$2,897 = \frac{3,14}{24 \tan 30^\circ} \times (D_i^3 - 1,6404^3)$$

$$D_i = 2,583 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{0,5D_i - 0,5D_o}{\tan 30^\circ} \\ &= \frac{(0,5 \times 2,583) - (0,5 \times 1,6404)}{\tan 30^\circ} = 0,816 \text{ ft}\end{aligned}$$

Maka direncanakan corong dengan ukuran :

$$D_i = 2,583 \text{ ft}$$

$$H = 0,816 \text{ ft}$$

Spesifikasi Rotary Kiln

A. DIMENSI ROTARY KILN DAN BAHAN KONSTRUKSI

Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 515 Grade C = 15

Diameter dalam : 6,913 ft = 82,956 in

Panjang : 70 ft = 840 in

Tebal Shell : 0,25 in

Berat Shell : 67651,367 lb

Jenis Isolasi : hard brick 2,5"

Kecepatan putaran : 2 rpm

Bahan konstruksi : Soft Steel

Panjang : 15 in

Diameter : 9 in

b. Nama : Trust bearing

Jenis : Helical Roller trust bearing

Kecepatan putaran : 17,194 rpm

F. SISTEM PONDASI

Jenis Konstruksi : Bahan tanpa penulangan

Bentuk : Limas terpancung

Dimensi :

atas (a) = 6,5 x 6,5 ft

bawah (b) = 9 x 9 ft

tinggi (t) = 5 ft

Actual Slope : 178

G. KELENGKAPAN ROTARY KILN

Nama : Hopper

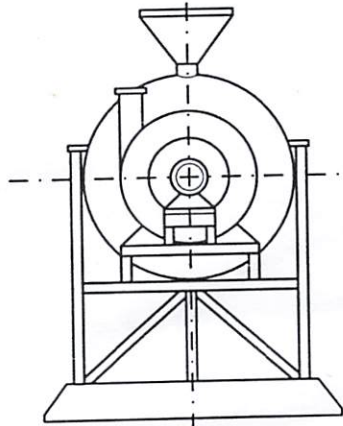
Bahan : Carbon Steel.

Bentuk : Kerucut dengan sudut 60° dan bukaan 50 cm (1,6404 ft)

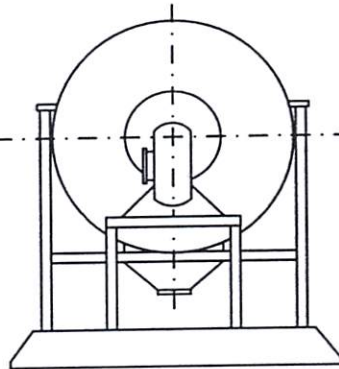
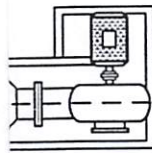
Dimensi :

$D_i = 2,583 \text{ ft}$

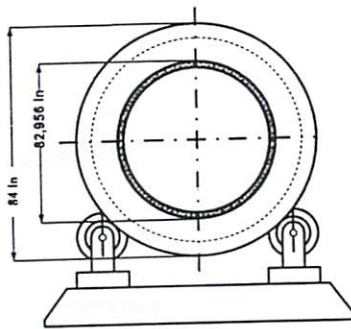
$H = 0,816 \text{ ft}$



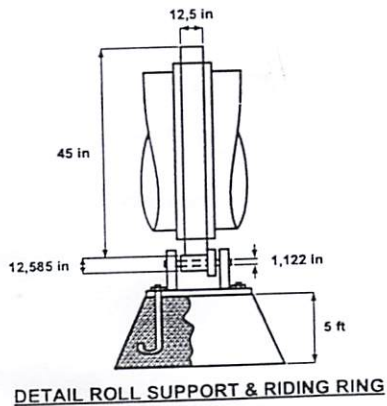
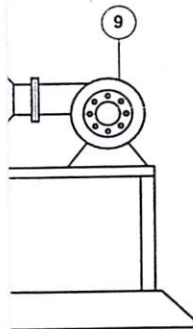
TAMPAK DEPAN



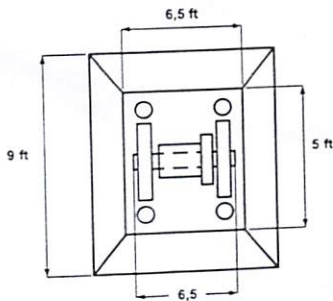
TAMPAK BELAKANG



POTONGAN MELINTANG



DETAIL ROLL SUPPORT & RIDING RING



DETAIL PONDASI

No.	KETERANGAN	BAHAN
1.	MOTOR EXCHAUSTFAN	ALUMINIUM
2.	EXCHAUSTFAN	CARBON STEEL
3.	HOPPER	CARBON STEEL
4.	FEED CUTE	CARBON STEEL
5.	RIDING RING	CAST STAINLES STEEL
6.	GIGI PENGGERAK	CAST IRON
7.	SILINDER ROTARY KILN	CARBON STEEL
8.	BREECHING	CARBON STEEL
9.	BLOWER UDARA PANAS	CARBON STEEL
10.	PRODUK OUTLET	CARBON STEEL
11.	MOTOR ROTARY KILN	ALUMINIUM
12.	GEAR BOOK	CARBON STEEL
13.	PINION	CAST IRON
14.	TRUNION ROLL	CAST STAINLES STEEL
15.	BEARING HOUSING	CAST IRON
16.	ISOLASI	HARD BRICK
17.	PONDASI	CEMENT, SAND & GRAVEL

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERANCANGAN ALAT UTAMA
ROTARY KILN

DIRANCANG OLEH

DOSEN PEMBIMBING

AYODYA YOANNATA 09.14.007

RINI KARTIKA DEWI ST.MT

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Instrumentasi dan keselamatan kerja adalah dua faktor yang penting dalam suatu industri guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Sedangkan keselamatan kerja juga harus diperhatikan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

7.1 Instrumentasi

Dalam mengatur dan mengendalikan kondisi operasi pada alat proses diperlukan adanya alat-alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi dapat berupa suatu petunjuk atau indikator, perekam atau pengendali (controller). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur atau dikontrol seperti temperatur, tekanan, laju alir, ketinggian cairan pada suatu alat.

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, maka bagian-bagian dari pabrik yang penting memerlukan pengendalian operasi/proses. Pengendalian operasi/proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini penting karena menyangkut harga peralatan itu sendiri yang cukup mahal.

Pada umumnya instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, yaitu :

1. Proses manual

Pada proses manual biasanya peralatan itu hanya terdiri dari instrumentasi penunjuk dan pencatat saja yang sepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia.

2. Proses otomatis

Pengendalian secara otomatis dilakukan dengan alat kontrol yang dapat bekerja dengan sendirinya dan terhubung oleh monitor agar setiap saat kita dapat memantau *performance* alat proses.

Pengendalian proses yang dilakukan secara otomatis dilakukan dengan pertimbangan biaya yang cukup matang, karena biasanya penggunaan alat kontrol otomatis memakan biaya yang lebih besar atau sebaliknya justru lebih murah daripada pemakaian alat kontrol manual. Pengendalian proses secara otomatis memiliki keuntungan antara lain :

- mengurangi jumlah pegawai (man power).
- keselamatan kerja lebih terjamin.
- hasil proses lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Beberapa bagian instrumen yang diperlukan proses secara otomatis, antara lain :

- Sensing element/Primary element
- Element pengukur
- Element pengontrol
- Element proses pendingin

Tujuan pemasangan instrumentasi adalah :

1. Menjaga kondisi operasi suatu peralatan agar tetap berada dalam kondisi operasi yang aman.
2. Mengatur laju produksi agar berada dalam batas yang direncanakan.
3. Kualitas produksi lebih terjaga dan terjamin.
4. Membantu memudahkan pengoperasian suatu alat.
5. Kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan.
6. Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Faktor-faktor perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

1. Jenis instrumentasi
2. Range yang diperlukan untuk pengukuran
3. Ketelitian yang diperlukan
4. Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan pada kondisi proses
5. Faktor ekonomi

Pada pra rencana pabrik Gypsum ini, instrumen yang digunakan adalah alat kontrol yang bekerja secara manual maupun secara otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan, faktor teknis, faktor ekonomis serta kelayakan lingkungan kerja tetapi instrumen yang digunakan cenderung pada pemakaian alat kontrol secara otomatis karena ada beberapa keunggulan kompetitif bila dibandingkan secara manual. Namun demikian tenaga manusia masih sangat diperlukan dalam pengoperasian dan pengawasan proses.

Dalam perencanaan suatu pabrik, alat kontrol yang diperlukan adalah :

a. Indikator

Untuk mengetahui secara langsung kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.

b. Controller

Untuk mengendalikan suatu kondisi operasi dalam aliran proses pada harga yang telah ditentukan.

c. Recorder

Untuk menunjukkan dan mencatat secara kontinu kondisi operasi pada harga yang telah ditentukan.

Dengan adanya instrumen diharapkan proses akan bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Instrumen yang digunakan pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini adalah :

a. Temperatur Controller (TC)

Berfungsi untuk mengendalikan suhu fluida dalam suatu aliran proses agar sesuai dengan harga yang telah ditentukan.

b. Pressure Controller (PC)

Berfungsi untuk mengatur tekanan dalam suatu proses secara langsung.

c. Flow Controller (FC)

Berfungsi untuk mengendalikan laju aliran fluida dalam pipa agar sesuai dengan harga yang telah ditentukan.

d. Level controller (LC)

Berfungsi untuk mengendalikan ketinggian fluida dalam suatu peralatan.

e. Weight Controller (WC)

Berfungsi untuk mengatur berat bahan dalam suatu sistem agar sesuai dengan harga yang telah ditentukan.

f. Ratio Controller (RC)

Berfungsi untuk mengatur perbandingan bahan yang masuk dalam suatu peralatan.

Penempatan alat-alat kontrol pada setiap alat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.1. Alat-alat kontrol yang dipakai pada setiap peralatan

No	Nama Alat	Kode	Instrumentasi
1.	Storage H ₂ SO ₄	F-126	LC
2.	Bin batu kapur	F-115	WC
3.	Rotary kiln	B-110	TC
4.	Rotary Cooler	B-118	TC
5.	Bin CaO	F-122	WC
6.	Mixer CaO	M-123	LC
7.	Mixer H ₂ SO ₄	M-128	LC
8.	Reaktor	R-120	LC, TC, FRC
9.	Preheater	E-130	TC
10.	Evaporator	V-131	FC, TC, LC
11.	Kondensor	E-132	TC
12.	Bin Produk	F-139	WC
13	Ejector	G-133	PC

7.2 Keselamatan kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan suatu hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerjakaryawannya. Selain itu juga menyangkut lingkungan dan masyarakat sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang pada karyawan dalam bekerja. juga untuk mencegah terjadinya kecelakaan, kebakaran dan penyakit kerja dalam lingkungan kerja.

Tindakan penjagaan keselamatan dan keamanan suatu pabrik tidak hanya ditujukan kepada para pekerjanya saja, tetapi juga ditujukan pada peralatan pabrik itu sendiri. Bagi para pekerja dituntut rasa kedisiplinannya maupun berhati-hati dalam melakukan pekerjaan, demikian pula peralatan yang ada di dalam pabrik tersebut harus kuat, tidak mudah rusak, tidak mudah bocor dan tidak mudah terbakar.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja adalah :

a. Lingkungan fisik

Meliputi : mesin, peralatan produksi dan lingkungan kerja (suhu, penerangan, dll). Kecelakaan kerja bisa disebabkan oleh kesalahan perencanaan, aus, rusak, kesalahan pembelian, penyusunan dari peralatan dan sebagainya.

b. Latar belakang kerja

Yaitu sifat/karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungannya. Sifat/karakter tersebut meliputi :

- Tidak cocoknya manusia/pekerja terhadap mesin atau lingkungan kerja.
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan
- Ketidakmampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran akan keselamatan kerja.

c. Sistem manajemen

Sistem manajemen ini merupakan unsur terpenting, karena menjadi pengatur kedua unsur di atas. Kesalahan sistem manajemen dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang disebabkan karena, antara lain :

- Prosedur kerja tidak diterapkan dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi pabrik serta tidak adanya inspeksi perusahaan.
- Tidak adanya sistem penanggulangan bahaya.

Secara umum pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini ada 3 macam bahaya yang dapat terjadi dan harus mendapatkan perhatian pada perencanaan, yaitu :

- a. Bahaya kebakaran dan peledakan
- b. Bahaya mekanik
- c. Bahaya terhadap kesehatan dan jiwa manusia.

Bahaya Kebakaran dan Peledakan

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan peledakan bertujuan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan terhadap pekerja maupun kerusakan peralatan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Terjadinya bahaya ini dapat disebabkan oleh :

VII-6

1. Terjadi hubungan singkat (korsleting) pada saklar, stop kontak, atau alat listrik lainnya baik pada peralatan instrumentasi maupun pada peralatan listrik sederhana seperti lampu, radio, komputer, mesin fax, answering machine, dll.
2. Kebakaran yang diakibatkan percikan api pada furnace yang berbahan bakar fuel oil.

Cara untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran antara lain :

1. Pemasangan pipa air melingkar (water hydrant) di seluruh areal pabrik.
2. Pemasangan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau disetiap tempat rawan ledakan dan kebakaran, terutama disekitar alat-alat proses bertekanan dan bersuhu tinggi.
3. Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang mudah menimbulkan kebakaran.
4. Untuk mencegah atau mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, dipakai isolasi-isolasi panas atau isolasi listrik dan pada tempat yang bertegangan tinggi diberi penghalang atau pagar.
5. Pemasangan alat-alat listrik harus diatur sedemikian rupa agar tidak berdekatan dengan sumber panas.
6. Membuat plakat-plakat, slogan-slogan atau *Standar Operational Procedures (SOP)* pada setiap proses yang salah satu isinya menerangkan bahaya dari proses atau alat yang bersangkutan.

Bahaya Mekanik

Bahaya mekanik disebabkan oleh pengerjaan konstruksi bangunan atau alat proses yang tidak memenuhi syarat. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya ini adalah :

1. Perencanaan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, pertimbangan faktor korosi. Perencanaan alat under design biasanya lebih besar menciptakan bahaya ini.
2. Pemasangan alat kontrol atau indikator yang baik dan sesuai, serta pemberian alat pengaman proses pada alat-alat yang beresiko besar menciptakan terjadinya bahaya ini.

3. Sistem perpipaan untuk air, udara, steam dan bahan bakar hendaknya diberi cat dan warna tertentu atau berbeda dengan warna sekitarnya dan diberi nama sesuai isi pipa

Bahaya terhadap Kesehatan dan Jiwa Manusia

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik dan efektif sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain. Oleh karena itu pengetahuan tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) perlu diketahui oleh seluruh karyawan dari mulai karyawan operator proses sampai karyawan administrasi. Perusahaan akan mengadakan semacam pelatihan atau penyuluhan pada seluruh karyawan terutama karyawan baru agar sosialisasi K3 lebih efektif tercipta dilingkungan kerja. Pelatihan atau penyuluhan K3 akan berbeda bagi setiap karyawan tergantung pada bagian mana dia bekerja. Apabila operator proses, karyawan wajib mengetahui cara-cara pemakaian alat-alat pelindung (seperti masker, topi, safety belt, sepatu, sarung tangan, dll.) dan mengetahui bahaya-bahaya yang akan terjadi dari mulai tangki bahan baku sampai tangki storage. Sedangkan karyawan gudang wajib mengetahui prosedur penggunaan kendaraan pengangkut sampai cara penyusunan kemasan produk.

Selain itu pembuatan ventilasi setiap ruangan harus disesuaikan standar WHO (World Health Organization) agar lingkungan kerja yang sehat dapat meningkatkan produktifitas karyawan dalam bekerja.

Untuk mencegah kecelakaan kerja diperlukan alat-alat pelindung keselamatan kerja seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 7.2 Alat Keselamatan Kerja

Alat Pengaman	Lokasi Penggunaan
Masker	Laboratorium, ruang proses
Topi pengaman	Ruang proses, gudang
Sepatu karet	Ruang proses, gudang
Sarung tangan	Ruang proses, gudang
Isolasi panas	Utilitas (reboiler, furnace), ruang proses (alat reaktor, rotary kiln, preheater, WHB), perpipaan.

VII-8

Pemadam kebakaran	Semua ruang di areal pabrik.
-------------------	------------------------------

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini, yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran.
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu :

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar

8.1 Unit Penyediaan Air

8.1.1 Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Gypsum ini digunakan pada evaporator (V-131) sebesar 26322,093 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 30% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya kebocoran akibat transmisi sebesar 20%, sedangkan faktor keamanan sebesar 10%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah sebanyak 34745,167 kg/jam. Pada alat waste heat boiler dihasilkan steam sebesar 8606,76 kg/jam, sehingga kebutuhan air sebenarnya untuk umpan boiler adalah 26138,407 kg/jam

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat- syarat agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's edisi 6, hal 976* didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

VIII-2

- Total padatan (total dissolved solid)	=	3500 ppm
- Alkanitas	=	700 ppm
- Padatan terlarut	=	300 ppm
- Silika	=	60 – 100 ppm
- Besi	=	0,1 ppm
- Tembaga	=	0,5 ppm
- Oksigen	=	0,007 ppm
- Kesadahan	=	0
- Kekeruhan	=	175 ppm
- Minyak	=	7 ppm
- Residu fosfat	=	140 ppm

Selain harus memenuhi persyaratan tersebut diatas, air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat – zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
- Zat – zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat – zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion – ion pengganggu.
- Deaerator, untuk menghilangkan gas – gas terlarut.

8.1.2. Air proses

Air proses pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini sebesar 54560,78 kg/jam, yang digunakan pada Mixer CaO (M-123) sedesar 5869,8 kg/jam, dan Mixer/tangki pengencer H_2SO_4 48690,98 kg/jam (M-128).

8.1.3 Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain.

Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

- a. Syarat fisik
 - Berada di bawah suhu udara
 - Warnanya jernih
 - Tidak berasa

- Tidak berbau
- b. Syarat kimia
 - Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
 - Tidak mengandung zat-zat kimia beracun
- c. Syarat mikrobiologis
 - Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini adalah :

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang = 120 kg/hari.

2. Untuk laboratorium dan taman

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air sanitasi.

8.1.4 Air pendingin

Air berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Air pendingin pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini sebesar 85025,626 kg/jam yang digunakan pada Reaktor (R-120) sebesar 31207,359 kg/jam, Preheater (E-130) sebesar 8606,294 kg/jam, kondensor (E-132) sebesar 36528,377 kg/jam dan kristalizer (X-134) sebesar 7783,641 kg/jam

8.2. Unit Pengolahan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah Air Umpan Boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi :

- Tekanan = 69,09 psia
- Temperatur = 150°C

VIII-4

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organik matter)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquid dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas air umpan boiler.

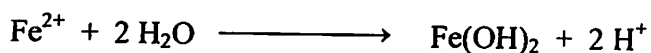
b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler.

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

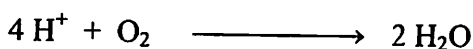
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

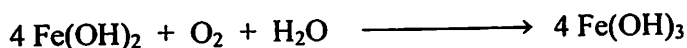
c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 , yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



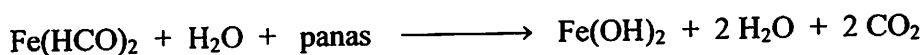
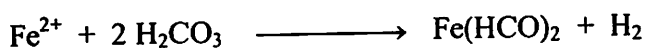
Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :





Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 , karena pemanasan dan adanya tekanan. CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler.

Proses pengolahan air sungai tersebut adalah :

Air dari sungai dipompa dengan pompa (L-211) menuju bak skimmer (F-212) yang berfungsi untuk membersihkan kotoran-kotoran yang terapung dalam air sungai. Dari bak skimmer air dipompa (L-213) menuju tangki clarifier (F-214), disini terjadi proses koagulasi dan flokulasi dengan penambahan alum sebagai zat koagulan dan diadakan pengadukan dengan kecepatan yang cepat dan lambat agar alum dan air dapat tercampur secara homogen.

Setelah terjadi proses koagulasi dan flokulasi dalam bak clarifier, kemudian menuju air dialirkan ke bak air clarifier (F-215) kemudian dipompakan (L-216) ke sand filter (F-217) untuk menyaring air dari kotoran-kotoran yang masih tersisa. Dari sand filter air masuk ke bak air bersih (F-218) dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu:

a. Pengolahan air sanitasi

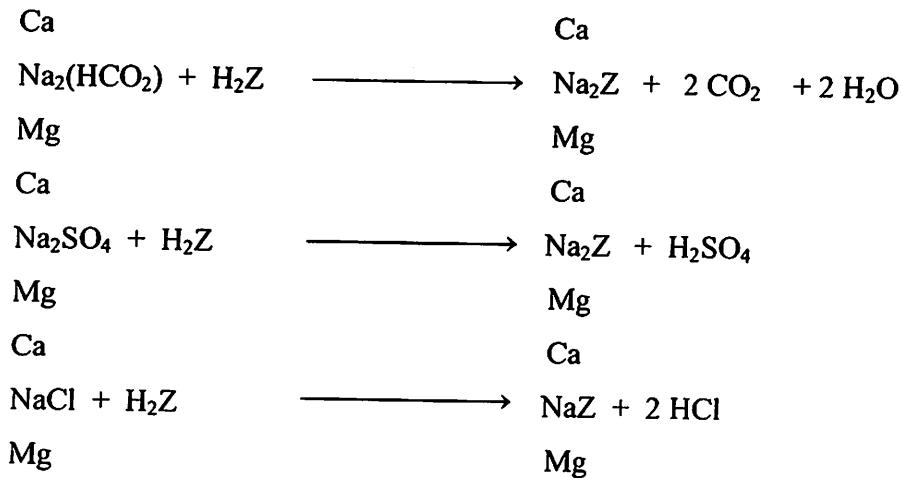
Air dari bak air bersih (F-218) dialirkan dengan pompa (L-228) menuju bak klorinasi (F-230) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-231) dengan menggunakan pompa (L-229) dan siap untuk dipergunakan sebagai air sanitasi.

b. Pelunakan air umpan boiler

Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger

(D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

Air dari bak air bersih (F-218) dialirkan dengan pompa (L-219) menuju kation exchanger (D-210A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki.

Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Sehingga keluaran dari tangki demineralisasi adalah garam-garam kalsium, natrium dan magnesium yang terikat pada kation exchanger dalam bentuk CaZ , NaZ dan MgZ . Sedangkan H_2SO_4 , HCl dan HNO_3 terikat pada anion exchanger dalam bentuk D_2SO_4 , DCl dan DNO_3 . Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah bebas dari ion-ion pengganggu.

Setelah keluar dari tangki demineralisasi, air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler. Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-221) yang selanjutnya dipompa (L-222) ke deaerator (D-223) untuk menghilangkan gas-gas impuritis pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air siap diumpankan ke boiler (Q-220) dengan pompa (L-224). Steam

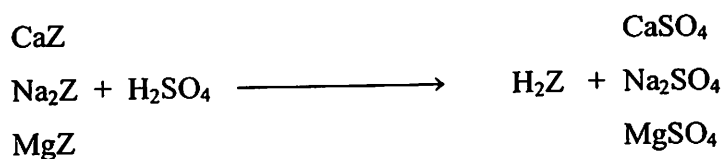
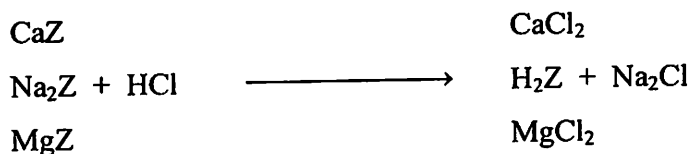
yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

c. Pengolahan air pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin dari bak air bersih (F-218), air dipompa (L-225) ke bak air pendingin (F-226) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-227). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-240) dan selanjutnya dari cooling tower, air di recycle ke bak air pendingin kembali.

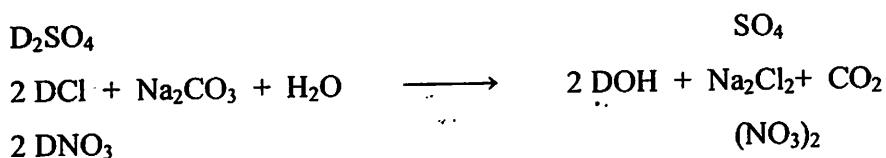
d. Proses regenerasi :

Reaksi yang terjadi :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dari pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi hidrogen exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH .

Reaksi yang terjadi :



8.3. Unit Penyediaan Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini adalah yang meliputi :

- Proses : 194,35 kW
- Penerangan : 158,455 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila ada matinya listrik, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel berkekuatan 537 kW sebagai back up.

8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viscositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6th ed, spesifikasi bahan bakar didapat :

- Flash point = 38°C (100°F)
- Pour point = -6°C (21,2°F)
- Densitas = 55 lb/ft³
- Heating value = 132000 Btu/gallon

8.5. Pengolahan Limbah

Pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah utama Pabrik Gypsum ini adalah limbah padat berupa debu. Penanganan limbah padat berupa debu tersebut antara lain dengan memasang alat penangkap debu mutakhir yaitu dengan *Electrostatik Presipitator*, sehingga emisi debu memenuhi baku mutu lingkungan yang disyaratkan., yaitu dibawah 150 mg/Nm³. Juga melakukan penyiraman pada area pabrik dan menanami tanaman disekitar area pabrik (program penghijauan).

Selain limbah padat, juga mengeluarkan dikeluarkan limbah cair dengan jumlah yang relatif sedikit. Limbah cair tersebut berasal dari cairan buangan yang dikeluarkan oleh pabrik. Adapun cara pengolahan limbah cair tersebut adalah sebagai berikut, Limbah cair

yang mengandung minyak pelumas ditampung pada tangki pemisah minyak, kemudian setelah minyak dan air terpisah kemudian air dipompa menuju tangki penampung pada unit pengolahan air limbah, Sedangkan limbah yang cair yang berasal dari proses pada thickener dan Centrifuge juga diolah pada unit pengolahan limbah, kemudian air limbah yang telah diolah tersebut dapat digunakan untuk air proses dan air sanitasi.





BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

Pemilihan lokasi dari suatu perusahaan sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi sosial kemasyarakatan. Hal ini akan berpengaruh pada kedudukan perusahaan dalam persaingan serta kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi terpilih benar-benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

1. Faktor utama
 - a. Penyediaan bahan baku
 - b. Pemasaran (marketing)
 - c. Utilitas (bahan bakar, sumber air, dan listrik)
 - d. Keadaan geografis dan masyarakat
2. Faktor Khusus
 - a. Transportasi
 - b. Tenaga kerja
 - c. Buangan pabrik (dipposal)
 - d. Pembuangan limbah
 - e. Site dan karakteristik dari lokasi
 - f. Peraturan perundang-undangan

9.1 Faktor Utama

a. Penyediaan bahan baku.

Ketersediaan dan harga bahan baku sering menentukan penentuan lokasi dari suatu perusahaan/pabrik. Ditinjau dari faktor ini, maka pabrik hendaknya didirikan didekat dengan sumber bahan baku, yang meliputi :

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.

- Kualitas bahan baku yang ada serta apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya.

b. Pemasaran (Marketing).

Marketing merupakan salah satu faktor yang sangat penting didalam suatu pabrik atau industri karena berhasil tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Dimana produk akan dipasarkan (daerah marketing).
- Proyeksi kebutuhan produk pada masa sekarang dan akan datang.
- Pengaruh persaingan dagang.
- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk mencapai daerah pemasaran.

c. Utilitas

Faktor utilitas menjadi sangat penting karena menyangkut kelancaran proses produksi. Utilitas meliputi kebutuhan air, listrik dan bahan bakar.

1. Air

Air merupakan yang sangat penting akan suatu industri kimia. Air digunakan untuk keperluan industri proses, media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, serta kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber, yaitu air sungai, air kawasan dan air PDAM.

Hal- hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Sampai berapa jauh sumber ini dapat melayani pabrik.
- Kualitas sumber air yang tersedia.
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari diambil dua sumber : air sungai dan air PDAM. Air sungai diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan. Apabila dalam masa kemarau air sungai surut maka digunakan air PDAM untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Jadi air PDAM hanya bersifat cadangan. Air PDAM juga digunakan untuk sanitasi dan untuk kebutuhan proses (air pendingin).

2. Listrik dan bahan bakar.

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan yang sangat penting terutama sebagai motor penggerak, selain sebagai penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan karyawan lainnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Ada atau tidaknya serta jumlah tenaga listrik di daerah tersebut.
- Harga tenaga listrik di daerah tersebut
- Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar di masa mendatang.
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

Sumber listrik diperoleh dari PLN, walaupun demikian tenaga generator sangat diperlukan sebagai cadangan yang harus siap bila setiap saat diperlukan karena listrik PLN tidak akan selamanya berfungsi dengan baik yang disebabkan pemeliharaan atau perbaikan jaringan listrik.

Bahan bakar digunakan untuk menggerakkan generator atau alat yang menghasilkan panas seperti boiler dan furnace, yaitu Fuel oil 33°API.

d. Keadaan geografis dan masyarakat.

Keadaan geografis dan masyarakat harus mendukung iklim industri untuk menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Kesiapan masyarakat setempat untuk berubah menjadi masyarakat industri.
- Keadaan geografis yang menyulitkan konstruksi akan berpengaruh terhadap mempengaruhi spesifikasi peralatan dan konstruksi peralatan.
- Gempa bumi, banjir, angin topan, dll.
- Kondisi tanah tempat pabrik berdiri yang dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses.

9.2 Faktor Khusus

a. Transportasi.

Masalah transportasi perlu dipertimbangkan agar kelancaran supply bahan baku dan penyaluran produk akan dapat terjamin dengan biaya yang serendah mungkin serta dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan faktor-faktor yang ada, seperti :

- Jalan raya yang dilalui kendaraan

- Jalur rel kereta api
- Sungai yang dapat dilayari kapal/perahu.
- Adanya pelabuhan dan lapangan udara.

b. Tenaga Kerja.

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kasar atau tenaga ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran dari perusahaan. Tingkat pendidikan masyarakat dan tenaga kerja juga menjadi pendukung pendirian pabrik ini. Hal-hal yang diperhatikan dalam hal ini adalah :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan.
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia.
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

c. Buangan pabrik

Apabila buangan pabrik (waste disposal) berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka yang harus diperhatikan adalah :

- Cara menentukan bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah polusi atau efek samping dari polusi yang mungkin timbul.

d. Pembuangan Limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas cair maupun padatan dengan memperhatikan ketentuan-ketentuan dari pemerintah.

e. Site dan karakteristis dari lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi ini adalah :

- Apakah lokasi tersebut merupakan daerah bebas sawah, rawa, bukit, dan sebagainya.
- Harga tanah yang relatif rendah memungkinkan untuk perluasan pabrik dan fasilitas pendukung lainnya.
- Apakah termasuk daerah pedesaan atau perkotaan.

f. Peraturan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut.
- Ketentuan mengenai jalur untuk berdirinya industri di daerah tersebut.

- Peraturan perundang-undangan dari pemerintah dan daerah setempat.

Berdasarkan beberapa pertimbangan faktor-faktor diatas, maka daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian Pabrik Gypsum adalah di **Campur Darat, kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.**

Dasar pemilihan lokasi ini adalah :

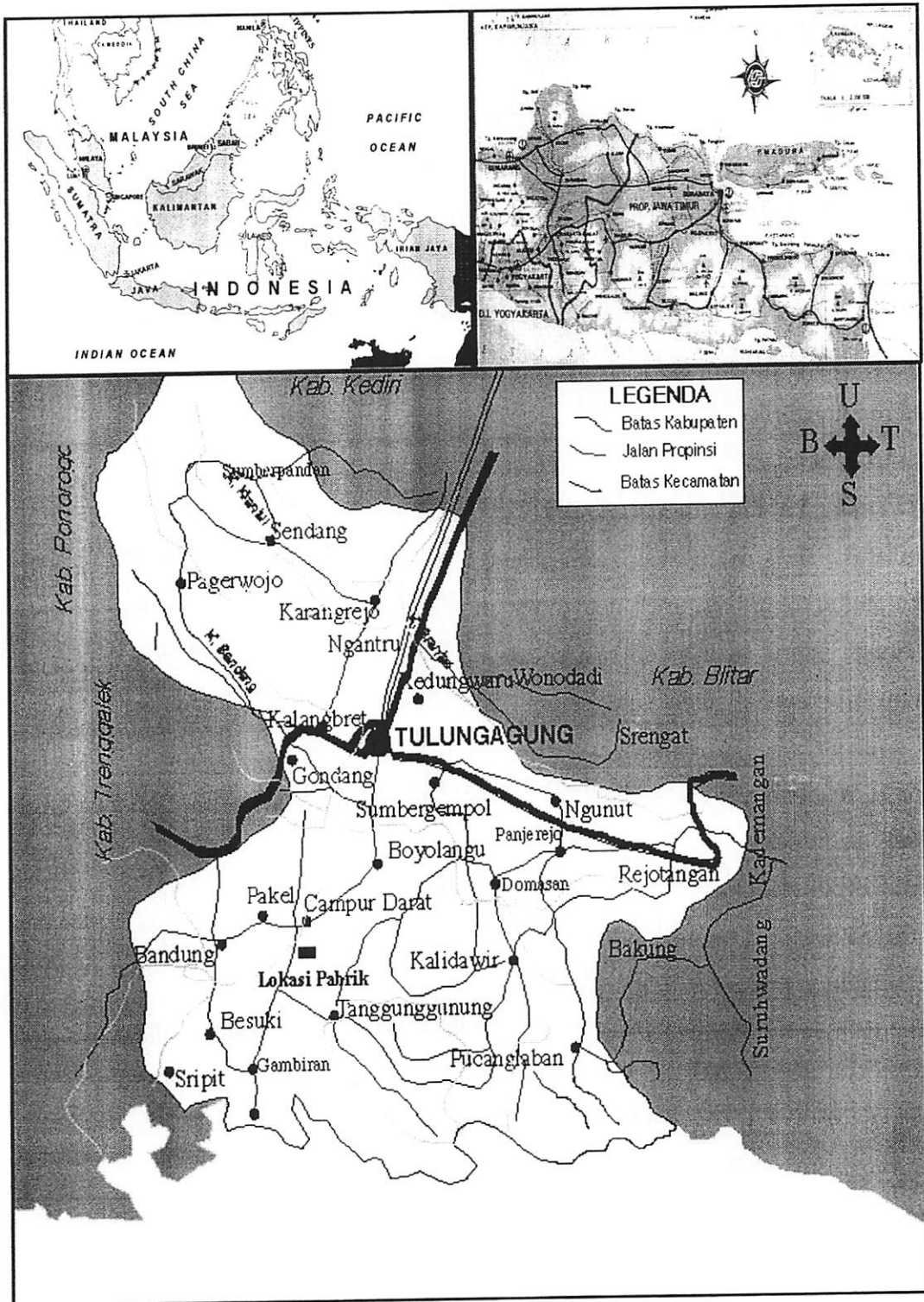
1. Dekat dengan sumber bahan baku
2. Tersedianya kebutuhan air, tenaga listrik dan bahan bakar.
3. Fasilitas transportasi yang memadai.
4. Tersedianya tenaga kerja yang cukup.

Tabel 9.1 Pemilihan Lokasi dengan nilai tertinggi :

No	Faktor	Bobot Maks	Tulungagung	Gresik	Tuban
1.	Supply bahan baku	100	95	80	95
2.	Pemasaran	100	70	85	70
3.	Listrik dan bahan bakar	120	120	120	120
4.	Kebutuhan air	120	100	80	90
5.	Iklim	60	50	50	50
6.	Transportasi	90	75	80	75
7.	Buangan Pabrik	70	70	60	70
8.	Tenaga Kerja	100	90	100	90
9.	Perundang-undangan	50	40	40	40
10.	Pajak	40	40	40	40

IX-6

11.	Karakteristik tempat	30	20	30	25
12.	Bahaya Kebakaran	30	30	30	30
Jumlah		910	800	795	795



Gambar 9.1 Lokasi Pabrik Gypsum

9.3 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Plant Lay Out Pra Rencana Pabrik Gypsum perlu disusun sebelum pembangunan infrastruktur pabrik seperti perpipaan, listrik dan peralatan proses untuk menciptakan kegiatan operasional yang baik, konstruksi yang ekonomis, distribusi dan transportasi (bahan baku, proses, dan produk) yang efektif, ruang gerak karyawan yang memadai sehingga kenyamanan dan keselamatan kerja alat maupun seluruh karyawan terpenuhi.

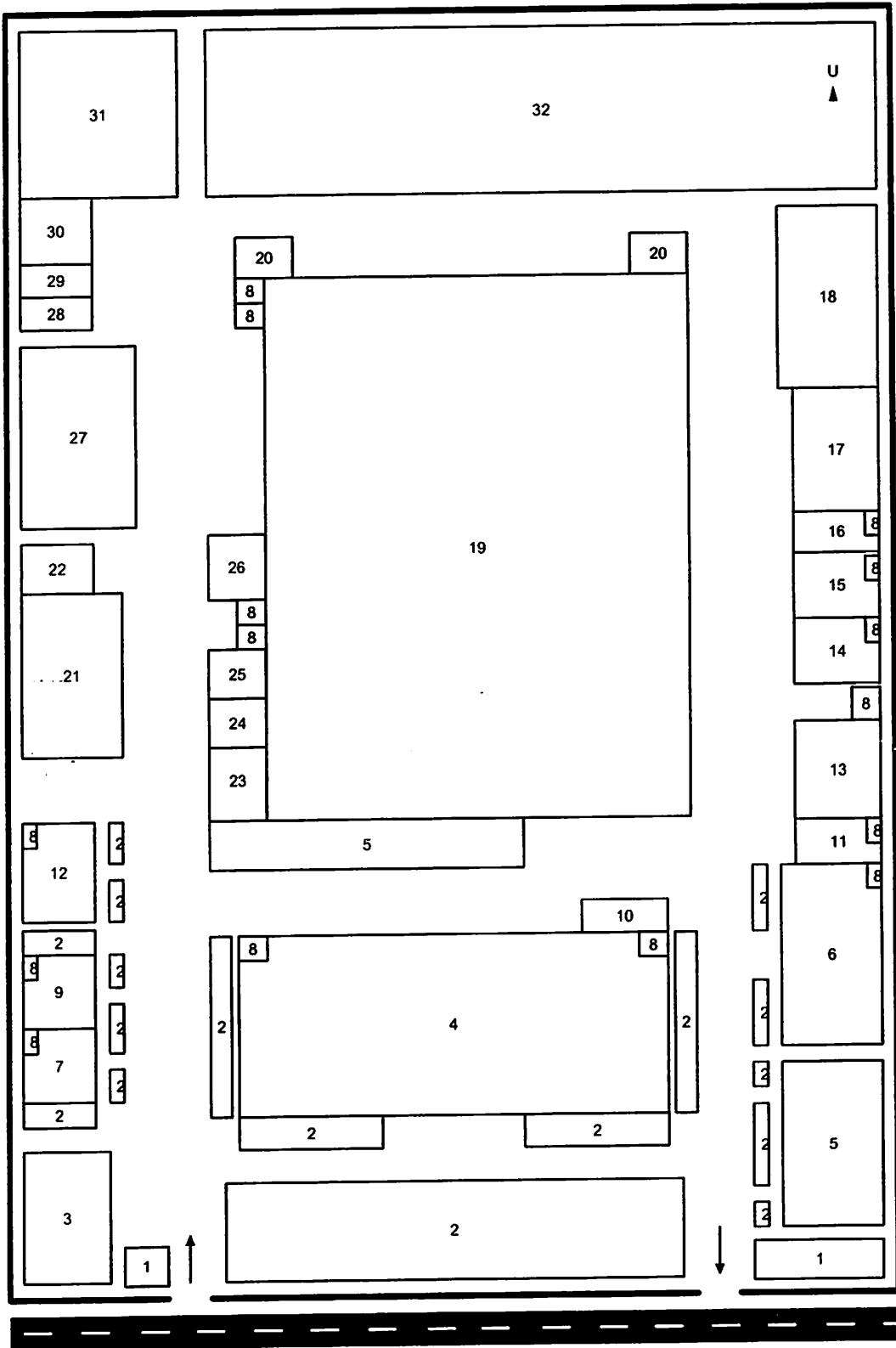
Lay out pabrik ini dibagi menjadi 2 bagian besar, yaitu :

1. Tata ruang pabrik (plant layout).
2. Tata letak peralatan proses (process layout).

a. Tata ruang Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik merupakan suatu peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan serta areal material handling, sdemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Beberapa hal khusus yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata ruang pabrik (Plant Layout) Gypsum adalah :

- Adanya ruangan yang cukup untuk pergerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
- Bentuk dari kerangka bangunan, pondasi, dinding serta atap.
- Distribusi secara ekonomis dari kebutuhan steam, air, listrik, dan lain sebagainya.
- Kemungkinan perluasan di masa datang.
- Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti kebakaran, ledakan, timbulnya gas-gas dan lain sebagainya.
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik.
- Penegangan ruangan.



Gambar 9.2 Tata Letak Pabrik Gypsum

Keterangan Gambar :

1. Pos keamanan
2. Taman
3. Parkir kendaraan tamu
4. Kantor pusat
5. Parkir kendaraan operasional dan karyawan
6. Gedung serbaguna (aula)
7. Kantor Penelitian dan Pengembangan (R & D)
8. Toilet
9. Kantor Sumber Daya Manusia (SDM)
10. Dapur
11. Perpustakaan
12. Laboratorium dan Pengendalian Mutu
13. Musholla
14. Kantin
15. Koperasi
16. Poliklinik
17. Pemadam kebakaran
18. Storage bahan baku
19. Area Proses
20. Timbangan truk
21. Garasi
22. Bengkel
23. Manager Produksi dan Teknik
24. Dept. Produksi
25. Dept. Teknik
26. Ruang kontrol
27. Gudang produk
28. Generator
29. Bahan bakar
30. Boiler
31. Utilitas
32. Area perluasan pabrik

b. Tata Letak Peralatan Proses (Process Layout)

Dalam perencanaan *process layout* ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk.

Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Pemasangan elevasi perlu memperhatikan ketinggian. Biasanya pipa atau elevator dipasang pada ketinggian minimal 3 meter agar tidak mengganggu allu lintas karyawan.

2. Aliran udara.

Aliran udara di sekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengancam keselamatan pekerja.

3. Pencahayaan.

Penerangan seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai apalagi pada tempat-tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus.

4. Lalu lintas manusia.

Dalam perencanaan *process layout* perlu memperhatikan ruang gerak pekerja agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan alat (*trouble shooting*) dapat segera teratasi.

5. Efektif dan efisien.

Penempatan alat-alat proses diusahakan agar dapat menekan biaya operasi tapi sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomis.

6. Jarak antar alat proses.

Untuk alat proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat lainnya agar bila terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya.

Tata letak peralatan proses ini secara garis besar berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan pekerja sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja. Tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 9.3

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang – orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

10.1 Dasar Perusahaan

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi pabrik	: Desa Gamping, Kec. Campur Darat, Kab. Tulungagung, Jawa Timur
Kapasitas produksi	: 200.000 ton/tahun
Status investasi	: Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

10.2 Bentuk Perusahaan

Pabrik Gypsum ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

1. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.
2. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan setiap pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
3. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
4. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.

5. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

10.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staff. Alasan pemilihan sistem garis dan staff adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus.
2. Terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
3. Sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal.
4. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Di samping alasan tersebut ada beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis yaitu :

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi besar, apapun tujuannya, betapapun luas tugasnya dan betapapun kompleks susunan organisasinya.
2. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil, karena adanya staf ahli.
3. Perwujudan "the right man in the right place" lebih mudah dilaksanakan.

Dari kelebihan-kelebihan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik Gypsum ini, yaitu menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Pembagian tanggung jawab dan wewenang berdasarkan departementasi. Pada setiap departemen dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yaitu divisi. Selanjutnya tiap divisi dibagi lagi menjadi unit-unit.

Setiap departemen dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer, sedangkan untuk divisi dikepalai oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer.

10.4 Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya tergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanamkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca telah aktif).

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris terdiri dari para pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung/sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah :

- a. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS.
- b. Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

3. Direktur Utama

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.
- b. Mengurus harta kekayaan perusahaan.

- c. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- d. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- f. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan keperntingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial seperti peminjaman uang ke Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dll).

4. Penelitian dan Pengembangan (R&D).

Divisi LITBANG bersifat independent. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Divisi LITBANG bertugas mengembangkan secara kreatif dan inovatif segala aspek perusahaan terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor.

5. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Produksi dan Teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur Produksi dan Teknik bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengontrol, dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.

6. Direktur Admnistrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik. Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi. Semua manajemen perusahaan diatur dan dijalankan oleh bagian administrasi, termasuk strategi pemasaran,

pengaturan keuangan perusahaan, hubungan masyarakat, dan mengatur masalah ketenagakerjaan.

7. Departemen Quality Control (Pengendalian Mutu)

Departemen QC bertugas mengawasi mutu bahan baku yang diterima dan produk yang dihasilkan. Selama mengawasi mutu produk, tidak hanya produk jadi saja yang di analisis tapi juga pada setiap tahapan proses.

a. Divisi Jaminan Mutu

Divisi Jaminan Mutu bertanggung jawab kepada Departemen Quality Control yang bertugas untuk melakukan penganalisaan, pengujian dan pengawasan terhadap bahan mentah yang dipasok dan produk/gypsum yang sudah jadi agar sesuai standar yang telah ditentukan.

b. Divisi Pengendalian proses

Divisi Pengendalian Proses bertanggung jawab kepada Departemen Quality Control untuk mengendalikan kualitas bahan selama proses produksi yang sedang berlangsung, yaitu mengatur komponen bahan baku (raw mix design) sehingga didapat produk dengan kualitas yang diinginkan.

8. Departemen Produksi

Kepala Dept. Produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi.

a. Divisi Produksi

Divisi produksi bertanggung jawab kepada kepala Dept. Produksi atas kelancaran proses. Divisi ini juga mengatur pembagian shift dan kelompok kerja sesuai spesialisasinya pada masing-masing tahapan proses dan mengendalikan kondisi operasi sesuai prosedurnya.

b. Divisi Bahan baku

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Produksi atas ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan sesuai banyaknya produksi yang diinginkan sehingga tidak terjadi kekurangan atau kelebihan, mengatur aliran distribusi bahan baku dari storage ke dalam proses.

9. Departemen Teknik

Kepala Dept. Teknik bertanggung jawab atas kelancaran alat-alat proses selama produksi berlangsung, termasuk pemeliharaan alat proses dan instrumentasinya. Apabila ada keluhan pada alat penunjang produksi maka dept. teknik langsung mengatasi masalahnya.

a. Divisi Utilitas

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Teknik mengenai kelancaran alat-alat utilitas.

b. Divisi Bengkel & Perawatan

Bertugas memperbaiki alat-alat atau instrumen yang rusak baik alat produksi maupun peralatan utilitas. Divisi ini juga diharapkan menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

10. Departemen Pemasaran

Kepala Dept. Pemasaran bertanggung jawab dalam mengatur masalah pemasaran produk, termasuk juga melakukan research marketing agar penentuan harga dapat bersaing di pasaran, menganalisis strategi pemasaran perusahaan maupun kompetitor, mengatur masalah distribusi penjualan produk ke daerah-daerah, melakukan promosi pada berbagai media massa baik cetak maupun elektronik agar produk dapat terserap konsumen.

a. Divisi Pembelian

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Pemasaran mengenai pembelian bahan baku, alat-alat yang menunjang proses.

b. Divisi Penjualan

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Pemasaran mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhannya agar dapat dipasok setiap saat.

c. Divisi Promosi dan Periklanan

Melakukan promosi ke berbagai sumber tentang kelebihan produk perusahaan minimal masyarakat konsumen mengetahui produk yang diproduksi perusahaan.

d. Divisi Research Marketing

Melakukan analisis pasar untuk memenangkan persaingan dengan kompetitor dan selalu membuat strategi pemasaran setiap saat sesuai perkembangan di lapangan.

11. Departemen Keuangan dan Akuntansi

Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi bertanggung jawab mengatur neraca perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, selain itu juga membayarkan gaji ke rekening bank tiap karyawan pada setiap akhir bulan. Dan juga membayarkan jaminan sosial atas pemutusan hak kerja (PHK) karyawan. Dept. Keuangan dan Akuntansi membawahi 2 divisi yaitu :

- a. Divisi Pembukuan
- b. Divisi Keuangan

12. Departemen Umum.

Kepala Dept. umum bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum. Departemen ini mengatur masalah administrasi, Keamanan dan keselamatan, lingkungan serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 4 divisi :

a. Divisi Humas

Divisi Humas bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat ataupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik kelangsungan dan kelancaran perusahaan dapat berjalan dengan baik.

b. Divisi Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya.

c. Divisi Administrasi

Divisi ini bertugas untuk menjalankan kegiatan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

c. **Divisi Keamanan dan Keselamatan**

Divisi keamanan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

d. **Divisi Kebersihan**

Divisi Kebersihan bertugas menjaga kenyamanan, keindahan, perusahaan dari mulai keindahan taman, toilet sampai kebersihan gudang dan produksi.

e. **Divisi Transportasi.**

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan.

13. **Departemen Sumber Daya Manusia (SDM)**

Kepala Dept. SDM bertugas merencanakan, mengelola, dan mendayagunakan SDM, baik yang telah bekerja ataupun yang akan dipekerjakan. Selain itu Dept. SDM mengatur masalah jenjang karier dan masalah penempatan karyawan, atau pemindahan karyawan antar departemen atau antar divisi sesuai dengan tingkat prestasinya.

a. **Divisi Kesehatan**

Bertugas memperhatikan kesehatan karyawan. Apabila poliklinik yang tersedia tidak dapat mengatasi masalah kesehatan karyawan maka dapat diintensifkan di rumah sakit langganan perusahaan sesuai kebutuhan pengobatan.

b. **Divisi Ketenagakerjaan**

Mengatur kesejahteraan karyawan seperti pemberian fasilitas atau bonus perusahaan untuk karyawan yang berprestasi. Divisi ketenagakerjaan juga perlu memperhatikan prestasi-prestasi yang dibuat oleh karyawan guna meningkatkan jenjang karier dan kebijakan lainnya.

10.5 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita

- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

10.6 Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik Gypsum ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan atau dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 12.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

Regu	Minggu			
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat
I	Pagi	Siang	Malam	-

II	Siang	Malam	-	Pagi
III	Malam	-	Pagi	Siang
IV	-	Pagi	Siang	Malam

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.7. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik Gypsum (gambar 10.1) yaitu :

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia atau min. Strata 2
2. Manager
 - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia.
 - b. Manager administrasi dan keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA).
3. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA)
4. Kepala Departemen
 - a. Departemen QC : Sarjana Kimia (MIPA)
 - b. Departemen produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Departemen teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - d. Departemen pemasaran : Sarjana Ekonomi
 - e. Departemen keuangan dan Akuntansi : Sarjana Ekonomi
 - f. Departemen Sumber Daya Manusia : Sarjana Psikologi Industri
 - g. Departemen Umum : Sarjana Teknik Industri
5. Kepala divisi
 - a. Divisi produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Divisi bahan baku : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Divisi utilitas : Sarjana Teknik Mesin
 - d. Divisi bengkel & perawatan : Sarjana Teknik Mesin
 - e. Divisi Jaminan Mutu : Sarjana Kimia (MIPA)

- f. Divisi Pengendalian Proses : Sarjana Teknik Kimia
 g. Divisi Kesehatan : Sarjana Kedokteran
 h. Divisi Ketenagakerjaan : Sarjana Teknik Industri
 i. Divisi Pembelian : Sarjana Ekonomi
 j. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
 k. Divisi Promosi Periklanan : Diploma Public Relation & Promotion
 l. Divisi research marketing : Sarjana Ekonomi
 m. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
 n. Divisi Akuntansi : Sarjana Ekonomi
 o. Divisi Humas : Diploma Public Relation & Promotion
 p. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
 q. Divisi Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
- r. Divisi Keamanan dan Keselamatan : Diploma / SMU / SMK
 s. Divisi Kebersihan : Diploma / SMU / SMK
 t. Divisi Transportasi : Sarjana / Diploma Teknik Mesin
6. Karyawan : Diploma / SMU / SMK.

10.8 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Step dalam proses = 6.

Kapasitas produksi = 110.000 ton/th = 666,666 ton/hari, dengan $M = 15,2 P^{0,25}$.

Berdasarkan *Vilbrant, fig. 6.35, hal. 235* $M = 59$ orang Jam/hari. tahapan

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 5 tahap, maka :

Karyawan proses = 59 orang Jam/hari. tahapan \times 5 tahap = 295 orang jam/hari

Karena satu hari terdapat 3 shift kerja, maka :

$$\text{Karyawan Proses} = \frac{295 \text{ orang jam/hari}}{3 \text{ shift/hari}} = 99 \text{ orang jam/shift}$$

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam / hari, maka :

$$\text{Karyawan proses} = \frac{99 \text{ orang jam/shift}}{8 \text{ jam/hari}} = 13 \text{ orang hari/shift}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

Jumlah karyawan proses keseluruhan = 13 orang hari/shift \times 4 regu = 52 orang setiap hari (untuk 4 regu).

Jumlah karyawan harian = 143 orang

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik Gypsum adalah 195 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2.

Tabel 10.2. Jabatan dan tingkat pendidikan tenaga kerja.

No.	Jabatan (Tugas)	SLTP	SMU	D3	S1	S2
1.	Direktur Utama					1
2.	Manager Produksi dan Teknik				1*	
3.	Manager Administrasi dan Keuangan				1*	
4.	Sekretaris			3*		
5.	Kepala LITBANG (R&D)				1*	
6.	Karyawan LITBANG (R&D)		5*	3*	2	
7.	Kepala Dept. QC				1*	
8.	Kepala Dept. Produksi				1*	
9.	Kepala Dept. Teknik				1*	
10.	Kepala Dept. Pemasaran				1*	
11.	Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi				1*	
12.	Kepala Dept. SDM				1*	
13.	Kepala Dept. Umum				1*	
14.	Kepala Divisi Produksi				1*	
15.	Karyawan Divisi Produksi			52	6*	
16.	Kepala Divisi Bahan Baku				1	
17.	Karyawan Divisi Bahan baku		8	2		
18.	Kepala Divisi Utilitas				1	
19.	Karyawan Divisi Utilitas		7	3		
20.	Kepala Divisi Bengkel & Perawatan				1	
21.	Karyawan Divisi Bengkel & Perawatan			15*		
22.	Kepala Divisi Quality Control				1	
23.	Karyawan Divisi Quality Qontrol			10*		
24.	Kepala Divisi Pengendalian Proses				1	

25.	Karyawan Divisi Pengendalian Proses			5*		
26.	Kepala Divisi Kesehatan				1	
27.	Karyawan Divisi Kesehatan			3*		
28.	Kepala Divisi Ketenagakerjaan				1	
29.	Karyawan Divisi Ketenagakerjaan			3*		
30.	Kepala Divisi Pembelian				1	
31.	Karyawan Divisi Pembelian			4*		
32.	Kepala Divisi Penjualan				1	
33.	Karyawan Divisi Penjualan			4*		
34.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan				1	
35.	Staff Divisi Promosi dan Periklanan			4*		
36.	Kepala Divisi Research Marketing				1	
37.	Staff Research Marketing			4*		
38.	Kepala Divisi Keuangan				1	
39.	Staff Divisi Keuangan			4*		
40.	Kepala Divisi Akuntansi				1	
41.	Staff Divisi Akuntansi			4*		
42.	Kepala Divisi Humas				1	
43.	Staff Divisi Humas			3*		
44.	Kepala Divisi Personalia				1	
45.	Staff Divisi Personalia			3*		
46.	Kepala Divisi Administrasi				1	
47.	Staff Divisi Administrasi			4*		
48.	Kepala Divisi Transportasi				1	
49.	Staff Transportasi		10*	2		
50.	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan		1*			
51.	Staff Keamanan		18*			
52.	Kepala Divisi Kebersihan		1*			
53.	Staff Kebersihan	15*				

JUMLAH	15	50	124	45	1
TOTAL TENAGA KERJA	235				

Catatan :

* Pendidikan minimal

Pendidikan SMU dan yang sederajat.

10.9 Status Karyawan dan Sistem Pengupahan (Gaji)

Pabrik Gypsum ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. -Keahlian
5. _Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Jabatan (Tugas)	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total (Rp)
1.	Direktur utama	1	10.000.000	10.000.000
2.	Direktur Produksi	1	8.000.000	8.000.000
3.	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	8.000.000	8.000.000
4.	Sekretaris	3	1.500.000	4.500.000
5.	Kepala LITBANG (R&D)	1	6.000.000	6.000.000
6.	Staff LITBANG (R&D)	2	2.000.000	6.000.000
		3	1.500.000	1.500.000
		5	1.000.000	5.000.000
7.	Kepala Dept. QC	1	4.000.000	4.000.000
8	Kepala Dept. Produksi	1	4.000.000	4.000.000
9.	Kepala Dept. Teknik	1	4.000.000	4.000.000
10.	Kepala Dept. Pemasaran	1	4.000.000	4.000.000
11.	Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi	1	4.000.000	4.000.000
12.	Kepala Dept. SDM	1	4.000.000	4.000.000
13.	Kepala Dept. Umum	1	4.000.000	4.000.000
14.	Kepala Divisi Produksi	1	2.500.000	2.500.000
15.	Karyawan Divisi Produksi	6	1.500.000	9.000.000
		52	800.000	41.600.000
16.	Kepala Divisi Bahan baku	1	1.500.000	1.500.000
17.	Karyawan Divisi Bahan Baku	2	1.000.000	2.000.000
		8	600.000	4.800.000
18.	Kepala Divisi Utilitas	1	1.500.000	1.500.000
19.	Karyawan Divisi Utilitas	3	1.000.000	3.000.000
		7	700.000	4.900.000
20.	Kepala Divisi Bengkel & Perawatan	1	1.500.000	1.500.000
21.	Karyawan Divisi Bengkel & Perawatan	15	700.000	10.500.000

22.	Kepala Divisi Jaminan Mutu	1	1.500.000	1.500.000
23.	Karyawan Divisi Jaminan Mutu	5	1.000.000	5.000.000
		5	800.000	4.000.000
24.	Kepala Divisi Pengendalian Proses	1	1.500.000	1.500.000
25.	Karyawan Pengendalian Proses	5	1.000.000	1.000.000
26.	Kepala Divisi Kesehatan	1	2.000.000	2.000.000
27.	Karyawan Kesehatan	3	1.000.000	3.000.000
28.	Kepala Divisi Ketenagakerjaan	1	1.500.000	1.500.000
29.	Karyawan Ketenagakerjaan	3	800.000	2.400.000
30.	Kepala Divisi Pembelian	1	1.500.000	1.500.000
31.	Karyawan Divisi Pembelian	4	800.000	3.200.000
32.	Kepala Divisi Penjualan	1	1.500.000	1.500.000
33.	Karyawan Divisi Penjualan	4	800.000	3.200.000
34.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan	1	1.500.000	1.500.000
35.	Karyawan Divisi Periklanan	4	800.000	3.200.000
36.	Kepala Divisi Research Marketing	1	2.500.000	2.500.000
37.	Karyawan Research Marketing	4	1.000.000	4.000.000
38.	Kepala Divisi Keuangan	1	2.000.000	2.000.000
39.	Karyawan Divisi Keuangan	4	1.000.000	4.000.000
40.	Kepala Divisi Akuntansi	1	2.000.000	2.000.000
41.	Karyawan Divisi Akuntansi	4	1.000.000	4.000.000
42.	Kepala Divisi Humas	1	1.500.000	1.500.000
43.	Karyawan Divisi Humas	3	800.000	2.400.000
44.	Kepala Divisi Personalia	1	1.500.000	1.500.000
45.	Karyawan Divisi Personalia	3	800.000	2.400.000
46.	Kepala Divisi Administrasi	1	1.500.000	1.500.000
47.	Karyawan Divisi Administrasi	4	800.000	3.200.000
48.	Kepala Divisi Transportasi	1	1.500.000	1.500.000
49.	Karyawan Divisi Transportasi	2	800.000	1.600.000

		10	650.000	6.500.000
50.	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan	1	1.000.000	1.000.000
51.	Karyawan Keamanan dan Keselamatan	18	650.000	11.700.000
52.	Kepala Divisi Kebersihan	1	800.000	800.000
53.	Staff Kebersihan	15	500.000	7.500.000
JUMLAH				256.400.000

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Gypsum adalah sebagai berikut :

- Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return*)
- Lama pengembalian modal (*Pay Out Time*)
- Titik impas (*Break Event Point*)

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment*) terdiri atas :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Total pendapatan

11.1. Faktor-faktor Penentu

11.1.1. Modal Investasi Total (*Total Capital Investment = TCI*)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment (FCI)*
 - a. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :
 - Pembelian alat
 - Instrumentasi dan alat kontrol
 - Perpipaian terpasang
 - Listrik terpasang
 - Tanah dan bangunan
 - Fasilitas pelayanan



- Pengambangan lahan
- b. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)
 - Teknik dan supervisi
 - Konstruksi
 - Kontraktor
 - Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu. Modal kerja terdiri dari :

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai

Sehingga :

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{Modal tetap (FCI)} + \text{Modal kerja (WCI)}$$

11.1.2. Biaya produksi (*Total Production Cost = TPC*)

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu.

Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :
 - Biaya produksi langsung
 - Biaya produksi tetap
 - Biaya *overhead* pabrik
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
 - Biaya administrasi
 - Biaya distribusi dan pemasaran
 - Litbang
 - Financing

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

- a. Biaya variabel (*Variable Cost = Vc*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung.

Biaya variabel terdiri :

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengepakan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung.

Biaya semi variabel terdiri dari :

- Upah karyawan
- *Plant overhead*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Laboratorium
- *Operating supplies*
- Biaya umum
- Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Cost = FC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Biaya tetap terdiri dari :

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

11.2. Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam Pra Rencana Pabrik Gypsum ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur Peter & Timmerhause serta Gael. D. Ulrich.

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2018 digunakan persamaan berikut :

$$C_x = \frac{I_x}{I_k} \times C_k \dots\dots\dots(1)$$

$$V_A = V_B \times \left(\frac{\text{Kapasitas alat A}}{\text{Kapasitas alat B}} \right)^n \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- C_x = Taksiran harga alat pada tahun 2002
- C_k = Taksiran harga alat pada tahun basis
- I_x = Indeks harga pada tahun 2002
- I_k = Indeks harga pada tahun basis
- V_A = Harga alat dengan kapasitas A
- V_B = Harga alat dengan kapasitas B
- n = Harga eksponen alat tertentu *(Peter and Timmerhaus, hal. 170)*

11.3. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

A. Modal Langsung (DC)

1. Harga peralatan (E)	=	Rp	161.071.266.815,41
2. Instalasi alat (15 % E)	=	Rp	24.160.690.022,27
3. Instrumentasi dan kontrol (13 % E)	=	Rp	20.939.264.685,97
4. Perpipaan terpasang (10 % E)	=	Rp	16.107.126.681,51
5. Listrik terpasang (5 % E)	=	Rp	8.053.563.340,76
6. Tanah (8 % E)	=	Rp	12.885.701.345,21
7. Bangunan (18% E)	=	Rp	28.992.828.026,73
8. Fasilitas pelayanan (20% E)	=	Rp	32.214.253.363,03
9. Pengembangan lahan (5% E)	=	Rp	8.053.563.340,76
Total modal langsung (DC)	=	Rp	312.478.257.621,38

B. Modal tak Langsung (IC)

10. Engineering dan supervisi (21% E)	=	Rp	33.824.966.031,18
11. Konstruksi (16 % E)	=	Rp	25.771.402.690,42
Total modal tak langsung (IC)	=	Rp	59.596.368.721,60

C. Total Plant Cost (TPC)

12. Total TPC (DC + IC) = Rp 372.074.626.342,98

D. Modal Tetap (FCI)

13. Kontraktor (5 % TPC) = Rp 18.603.731.317,15

14. Biaya tak terduga (1% DC+ IC) = Rp 62.721.151.297,82

Total modal tetap (FCI) = Rp 453.399.508.957,95

E. Modal kerja 15% FCI (WCI) = Rp 68.009.926.343,69

F. Total Capital Investment (TCI)

(FCI + WCI) = Rp 521.409.435.301,64

G. Modal Perusahaan

▪ Modal sendiri 0,6 TCI = Rp 312845661180,98

▪ Modal pinjaman 0,4 TCI = Rp 208563774120,66

Total Modal Perusahaan = Rp 521.409.435.301,64

11.4. Penentuan Total Production Cost (TPC)**A. Biaya Pembuatan****A. 1. Biaya Produksi Langsung**

1. Gaji karyawan 1 tahun (TK) = Rp 3.076.800.000,00

2. Bahan baku 1 tahun = Rp 442.592.589.384

3. Biaya utilitas 1 tahun = Rp 17.415.627.284,00

4. Biaya pengemasan 1 tahun = Rp 2.800.000.000

5. Biaya lab. (8 % TK) = Rp 246.144.000,00

6. Pemeliharaan dan perawatan (10 % FCI) = Rp 45.339.950.895,80

7. Patent and royalties (1% TPC)	= Rp	3.720.746.263,43
8. Supervisi (15% TK)	= Rp	461.520.000,00
9. Penyediaan operasi (20 % pemeliharaan)	= Rp	9.067.990.179,16
Biaya produksi langsung (DPC)	= Rp	524.721.368.006,38

A. 2. Biaya Produksi Tetap

10. Depresiasi alat (13 % FCI)	= Rp	58.941.936.164,53
11. Depresiasi bangunan (1% FCI)	= Rp	4.533.995.089,58
12. Pajak Kekayaan (2 % FCI)	= Rp	9.067.990.179,16
13. Asuransi (3% FCI)	= Rp	13.601.985.268,74
14. Bunga bank (20% modal pinjaman)	= Rp	41.712.754.824,13
Biaya Produksi tetap (FPC)	= Rp	127.858.661.526,14

B. Biaya Overhead Pabrik (50% TK)	= Rp	1.538.400.000,00
Total biaya pembuatan (COM)	= Rp	654.118.429.532,52

C. Biaya Pengeluaran Umum

15. Biaya adminitrasi (15 % TK)	= Rp	461.520.000,00
16. Biaya dis. Dan pemasaran (2 % DPC)	= Rp	10.494.427.360,13
17. Biaya litbang (3 % DPC)	= Rp	15.741.641.040,19
Biaya Pengeluaran Umum (GE)	= Rp	2.6697.588.400,32

D. Biaya Produksi Total (TPC)

Total TPC (GE + COM)	= Rp	680.816.017.932,84
-----------------------------	-------------	---------------------------

11.5.Laba Perusahaan

Laba perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp 899.999.991.000,00

Laba kotor = Harga Jual - Biaya Produksi
 = Rp 899.999.991.000,00- Rp 680.816.017.932,84
 = Rp 219.183.973.067,16

Pajak penghasilan = 30% dari laba kotor

Laba bersih = laba kotor x (1 - % pajak)
 = Rp 219.183.973.067,16x (1 - 0,3)
 = Rp 153.428.781.147,01

Nilai penerimaan *Cash Flow* setelah pajak (C_A) :

C_A = Laba bersih + Depresiasi alat
 = Rp 153.428.781.147,01+ Rp 58941936164,53
 = Rp 212.370.717.311,54

11.6. Analisis Probabilitas

11.6.1. Laju Pengembalian Modal (*Rate On Investment = ROI*)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

- ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \% \\ &= \frac{\text{Rp } 219.183.973.067,16}{\text{Rp } 453.399.508.957,95} \times 100 \% \\ &= 48,342 \% \end{aligned}$$

- ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \% \\ &= \frac{\text{Rp } 153.428.781.147,01}{\text{Rp } 453.399.508.957,946} \times 100 \% \\ &= 33,839 \% \text{ dari modal investasi} \\ &= (33,839 \%) \times \text{Rp } 521409435301,64 \\ &= \text{Rp } 176.443.098.319,06 \end{aligned}$$

11.6.2. Lama Pengembalian Modal (*Pay Out Time = POT*)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$\begin{aligned}
 \text{POT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp } 453.399.508.957,95}{\text{Rp } 212.370.713.311,54} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 2,135 \text{ tahun (2 tahun 2 bulan)}
 \end{aligned}$$

11.6.3. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - (0,7 \text{ SVC} - \text{VC})} \times 100\%$$

A. Biaya Produksi Tetap (FC = FPC) = Rp 127.858.661.526,14

B. Biaya Variabel (VC)

1. Bahan baku 1 tahun	= Rp 442.592.589.384,00
2. Biaya utilitas 1 tahun	= Rp 17.415.627.284,00
3. Biaya pengemasan 1 tahun	= Rp 2.800.000.000,00
Total biaya variabel (VC)	= Rp 462.808.216.668,00

C. Biaya Semivariabel (SVC)

1. Biaya umum (GE)	= Rp 26.697.588.400,32
2. Biaya overhead	= Rp 1.538.400.000,00
3. Penyediaan operasi	= Rp 9.067.990.179,16
4. Biaya lab.	= Rp 246.144.000,00
5. Gaji karyawan langsung	= Rp 3.076.800.000,00

6. Supervisi	=	Rp	461.520.000,00
7. Perawatan dan pemeliharaan	=	Rp	45.339.950.895,80
Total biaya semi variabel SVC)	=	Rp	86.428.393.475,27

D. Harga Penjualan (S) = Rp 899.999.991.000,00

$$BEP = \frac{(84.988.717.009,00) + (0,3 \times (54.034.234.611,00))}{(492.977.013.408,00) - (0,7 \times (54.034.234.611,00) - 199.265.695.834,00)} \times 100\%$$

BEP = 49,548 %

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 49,548 % x 200.000 ton/tahun
 = 99.096 ton/tahun

Nilai BEP untuk pabrik Gypsum berada diantara nilai 40 – 65%, sehingga nilai BEP diatas memadai.

Untuk produksi tahun pertama kapasitas pabrik 90 % dari kapasitas yang sesungguhnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

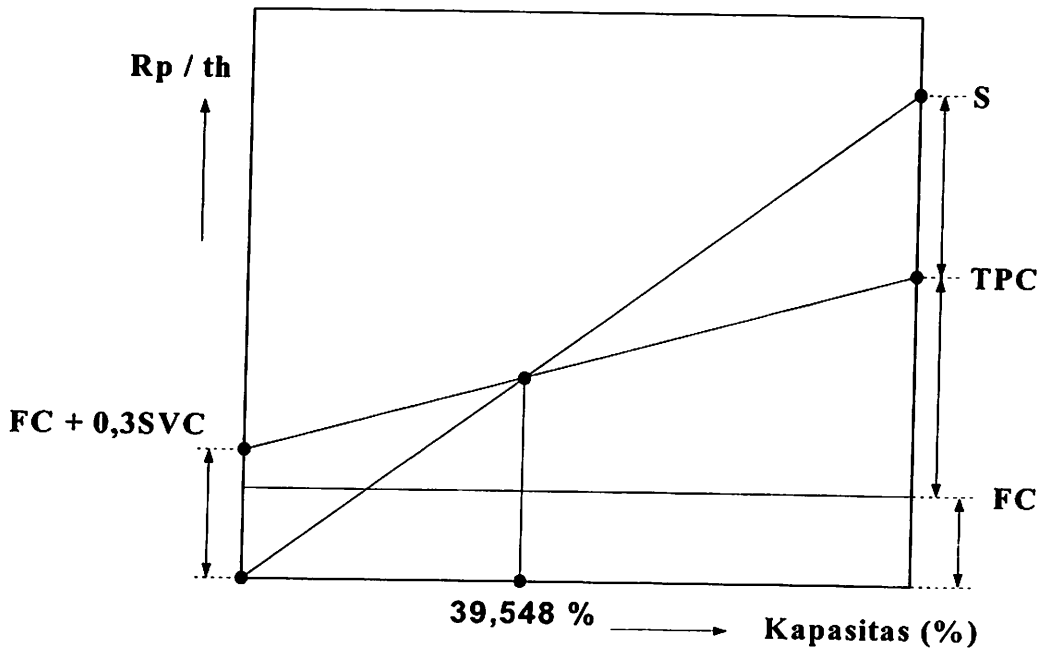
% kap = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PB_i}{Rp\ 106.550.608.452} = \frac{(100 - 39,548) - (100 - 90)}{(100 - 39,548)}$$

PBi = Rp 88.924.953.643,00

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp\ 88.924.953.643,00 + Rp\ 39.179.195.784,00 \\ &= Rp\ 128.104.149.427,00 \end{aligned}$$



Gambar 11.6.1. Break Event Point Pra Rencana Pabrik Gypsum

11.6.4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3 SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

$$= \frac{(0,3 \times 54.034.234.611,00)}{492.977.013.408,00 - (0,7 \times 54.034.234.611,00) - 199.265.695.834,00} \times 100\%$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas = 6,335 % x 110.000 ton/tahun
 = 6.968,41684 ton/th.

11.6.5. Net Present Value (NPV)

Motode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih sekarang dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung C_{A0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$C_{A-2} = 40 \% \times FCI \times (1 + i)^2$$

$$= 40 \% \times Rp 301.378.429.108,00 \times (1 + 0,2)^2$$

$$= Rp 173.593.975.166,00$$

$$C_{A-1} = 60\% \times FCI \times (1 + i)^1$$

$$= 60\% \times Rp 301.378.429.108,00 \times (1 + 0,2)^1$$

$$= \text{Rp } 260.390.962.749,31$$

$$C_{A0} = -(C_{A-2} + C_{A-1})$$

$$= -(\text{Rp } 260.390.962.749,31 + \text{Rp } 173.593.975.166,00)$$

$$= -\text{Rp } 433.984.937.915,31$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$\text{NPV} = C_A \times Fd$$

dimana :

$$C_A = \text{Cash flow setelah pajak}$$

$$Fd = \text{faktor diskon} = \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$n = \text{tahun ke-}n \quad i = \text{tingkat bunga bank}$$

Tabel 11.6.1. *Cash Flow* untuk NPV selama 10 tahun

Tahun	Cash Flow/CA (Rp)	Fd (i = 0,2)	NPV
0	-433.984.937.915,31	1,0000	-433.984.937.915,31
1	128.104.149.427,00	0,8333	106.749.187.717,52
2	145.729.804.235,70	0,6944	101.194.776.061,27
3	145.729.804.235,70	0,5787	84.333.837.711,20
4	145.729.804.235,70	0,4823	70.285.484.582,88
5	145.729.804.235,70	0,4019	58.568.808.322,33
6	145.729.804.235,70	0,3349	48.804.911.438,54
7	145.729.804.235,70	0,2791	40.673.188.362,18
8	145.729.804.235,70	0,2326	33.896.752.465,22
9	145.729.804.235,70	0,1938	28.242.436.060,88
10	145.729.804.235,70	0,1615	23.535.363.384,07
Nilai sisa	0	0,1615	0
WCI	45.206.764.366,20	0,1615	7.300.892.445,14
Jumlah			169.600.700.635,92

Karena harga NPV = (+) maka pabrik gypsum layak untuk didirikan.

11.6.6. Internal Rate Of Return (IRR)

Tabel 11.6.2. *Cash Flow* untuk IRR

XI-12

Tahun	Cash Flow/C _A (Rp)	Fd (i = 0,2)	NPV ₁	Fd (i = 0,4)	NPV ₂
0	-433.984.937.915,31	1,0000	-433.984.937.915,31	1,0000	-433.984.937.915,31
1	128.104.149.427,00	0,8333	106.749.187.717,52	0,7143	91.504.793.935,71
2	145.729.804.235,70	0,6944	101.194.776.061,27	0,5102	74.351.346.121,05
3	145.729.804.235,70	0,5787	84.333.837.711,20	0,3644	53.103.940.663,49
4	145.729.804.235,70	0,4823	70.285.484.582,88	0,2603	37.933.468.042,55
5	145.729.804.235,70	0,4019	58.568.808.322,33	0,1859	27.091.170.607,42
6	145.729.804.235,70	0,3349	48.804.911.438,54	0,1328	19.352.918.002,50
7	145.729.804.235,70	0,2791	40.673.188.362,18	0,0949	13.829.758.421,97
8	145.729.804.235,70	0,2326	33.896.752.465,22	0,0678	9.880.480.727,18
9	145.729.804.235,70	0,1938	28.242.436.060,88	0,0484	7.053.322.525,01
10	145.729.804.235,70	0,1615	23.535.363.384,07	0,0346	5.042.251.226,56
Nilai sisa	0	0,1615	0	0,0346	0
WCI	45.206.764.366,20	0,1615	7.300.892.445,14	0,0346	1.564.154.047,07
Jumlah			169.600.700.635,92		-93.277.333.594,80

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\
 &= 20\% + \frac{169.600.700.635,92}{169.600.700.635,92 - (-93.277.333.594,80)} \times (40\% - 20\%) \\
 &= 32,903\%
 \end{aligned}$$

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (20 %), maka Pabrik Gypsum layak untuk didirikan

BAB XII

KESIMPULAN DAN SARAN

12.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik Gypsum dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian ini adalah cukup menguntungkan, dengan memperhitungkan beberapa aspek :

a. Apek Lokasi

Pabrik ini didirikan di Kecamatan Campur Darat, Kabupaten Tulungagung, Propinsi Jawa Timur. Pabrik ini diperkirakan sangat menguntungkan, mengingat :

- Campur Darat dekat dengan sumber bahan baku yang berupa bentangan gunung gamping.
- Penyediaan sumber air yang cukup, baik berasal dari sungai maupun PDAM sehingga memudahkan pengadaan utilitas.
- Penyediaan sumber tenaga listrik yang cukup mengingat di daerah Tulungagung telah didirikan PLTA di waduk Wonorejo.

b. Aspek Sosial

Pendirian Pabrik Gypsum ini bila ditinjau dari aspek sosial dinilai menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Memberikan kesempatan kepada penduduk untuk mendapatkan penghasilan.

c. Aspek Ekonomi

- Di Indonesia kebutuhan akan Gypsum semakin meningkat sejalan dengan kebutuhan akan semen dan bahan bangunan sebagai dampak dari pembangunan yang terus digalakkan.
- Dapat mengurangi kebutuhan import gypsum yang selama ini masih banyak berasal dari luar negeri.

Ditinjau dari hal di atas maka pendirian Pabrik Gypsum di Indonesia sangat penting karena dapat membantu program pemerintah dalam rangka meningkatkan industrialiasi dan juga dapat menambah pendapatan/devisa negara.

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Gypsum ini dan dinilai cukup menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut ;

ROI _{BT}	: 50,5063 %
ROI _{AT}	: 35,354 % > bunga bank : 20% (layak untuk didirikan)
POT	: 2,068 tahun (2 tahun 1 bulan)
BEP	: 39,548 %
NPV	: Rp. 169.600.700.635,92 > 0 (layak untuk didirikan)
IRR	: 32,9033 % > bunga bank : 20% (layak untuk didirikan)

d. Aspek Pemasaran

Banyaknya industri semen, bahan bangunan, keramik, farmasi yang membutuhkan Gypsum sebagai bahan tambahan dalam mendukung pemasaran Gypsum di dalam negeri sehingga diharapkan dapat mengurangi kebutuhan akan import.

12.2 Saran

1. Diharapkan Indonesia dapat mengembangkan industri Gypsum mengingat Indonesia kaya akan sumber batu kapur dan sulfur.
2. Diharapkan agar penggunaan gypsum bisa dikembangkan lagi dalam industri kimia maupun farmasi.
3. Diharapkan bangsa Indonesia dapat memanfaatkan Sumber Daya Alam terutama mineral yang melimpah untuk dimanfaatkan sehingga menghasilkan produk yang berguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell E. Lloyd, *"Process Equipment Design"*, Jhon Willey and Sons Inc, New Delhi, India 1959.
- Brown G.G, *"Unit Operation"*, Charles E. Tuttle Co. Tokyo, Japan, 1961.
- Duda H. Walter, *"Cement Data Book"* 3th Edition, 1995
- Geankoplis, Christie , *"Transport Process dan Unit Operation"*, 3nd Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997
- Handojo, Lienda, *"Teknologi Kimia"*, Volume 2, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, Indonesia, 1995.
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., *"Process Equipment Design"*, D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
- Hougen, A. Olaf and Watson, K.M., *"Chemical Pröcess Principle"*, 2nd Edition John Willey and Sons Inc. New York 1954.
- Kern D.Q, *"Process Heat Transfer"*, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Kirk R.F and Othmer D.F, *"Encyclopedya Of Chemical Technology"*, Volume 4, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Kirk R.F and Othmer D.F, *"Encyclopedya Of Chemical Technology"*, Volume 14, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Ludwig E.E, *"Design for Chemical and Petrochemical Plant"*, Gulf Publishing Company, Houston, 1964.
- Lukman Syamsudin, *"Manajemen Keuangan Perusahaan"*, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta, 1994.
- Manulang, *"Dasar-Dasar Manajemen"*, Ghalia Indonesia, Jakarta, 1983.
- McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, *"Operasi Teknik Kimia"*, Jilid I, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.
- McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, *"Operasi Teknik Kimia"*, Jilid II, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.

- Perray E. Kurt, "***Cement Manufacture Hand Book***", Chemical Publishing Co. Inc. New York, 1979.
- Perry, Robert H, "***Perry's Chemical Engineering Handbook***", 6th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 1998.
- Perry, Robert H, "***Perry's Chemical Engineering Handbook***", 7th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 2000.
- Peter S. and Timmerhause, "***Plant Design and Economic to Chemical Engineering***", 4th Edition, McGraw Hill, Singapore, 1991.
- Savern, H.W. "***Steam, Air and Gas Power***", 5th Edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1964.
- Smith, J.M, and Van Ness H.C, "***Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics***", 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.
- Ulrich D. Gael, "***A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic***", John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.
- Vilbandt and Dryden, "***Chemical Engineering Plant Design***", 4th Edition, McGraw Hill Book Company, New York, USA, 1959.
- Water, L. Badger and Julis T. Banchemo, "***Introduction to Chemical Engineering***", McGraw Hill Book Company, Tokyo, 1985.
- Kusnarjo, "***Desain Alat Pemindah Panas***", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "***Utilitas Pabrik Kimia***", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "***Ekonomi Teknik***", Surabaya, 2010