

**PRA RANCANGAN PABRIK KALSIUM SILIKAT DARI PASIR SILIKA
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Kimia



Oleh :

Nama : Alfina Fajaria

Nama : Muhammad Harun A.

No. Mahasiswa : 19521126

No. Mahasiswa : 19521138

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfina Fajaria Nama : Muhammad Harun A.
No. Mahasiswa : 19521126 No. Mahasiswa : 19521138

Yogyakarta, September 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Alfina Fajaria



Muhammad Harun A

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK KALSIUM SILIKAT DARI PASIR SILIKA
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

ISLAM

Oleh :

Nama : Alfina Fajaria

Nama : Muhammad Harun A.

No. Mahasiswa : 19521126

No. Mahasiswa : 19521138

Yogyakarta, 8 Agustus 2023


Umi Rofiqah, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK KALSIUM SILIKAT DARI PASIR SILIKA
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Alfina Fajaria Nama : Muhammad Harun A.
No. Mahasiswa : 19521126 No. Mahasiswa : 19521138

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program
Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 11 agustus 2023

Tim Penguji,

Umi Rofiqah, S.T., M.T.
Ketua



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., MT
Penguji I

11/09/2023



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.
Penguji II



Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan dan nikmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir Perancangan Pabrik yang berjudul “Perancangan Pabrik Kalsium Silikat dari pasir silika”.

Tugas Akhir Perancangan Pabrik ini merupakan serangkaian tugas yang harus dilaksanakan oleh setiap mahasiswa sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa selama Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah menyertai dan meridhoi setiap jalan yang dilalui dan memberikan kemudahan kepada penulis.
2. Kedua orangtua yang selalu mendengarkan tangisan kecil saya dan menguatkan saya serta mendukung dan mendoakan selama mengenyam Pendidikan S1 Teknik Kimia di kampus ini dan dalam penyusunan Tugas Akhir, sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia
5. Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan, masukan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.

6. Partner seperjuangan saya dari awal hingga akhir masa perkuliahan ini, terimakasih sudah sabar dan selalu memberikan support hingga didunia ini dipenuhi oleh deadline.
7. Teman-teman seperjuangan dari Kota Batam, kontrakan dayat, dan teman-teman Jurusan Teknik Kimia UII 2019 Khususnya teman-teman yang telah membantu dan memberikan dukungan spiritual maupun moral dalam proses pengerjaan skripsi ni.
8. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan penulis satu persatu yang telah membantu selama pelaksanaan Perancangan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamu 'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 15 Agustus 2023

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3. Tinjauan Pustaka	8
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	14
BAB II	19
PERANCANGAN PRODUK	19
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	19
2.2. Pengendalian Kualitas	21
BAB III	23
PERANCANGAN PROSES	23
3.1. Diagram Alir Kualitatif	23
3.2. Diagram Alir Kuantitatif	23
3.3. Uraian Proses	24
3.4. Spesifikasi Alat	25
3.5. Neraca Massa	39
3.6. Neraca Panas	47
BAB IV	50
PERANCANGAN PABRIK	50
4.1. Lokasi Pabrik (<i>Plant Location</i>)	50

4.2.	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	53
4.3.	Tata Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	57
4.4.	Organisasi Perusahaan.....	59
BAB V.....		82
UTILITAS.....		82
5.1.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	82
5.2.	Unit Pembangkit Steam.....	88
5.3.	Unit Pembangkit Listrik	88
5.4.	Unit Penyedia Udara Tekan.....	93
5.5.	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	93
5.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	93
5.7.	Spesifikasi Alat Utilitas.....	93
5.8.	Gambar Proses Utilitas	98
BAB VI.....		99
EVALUASI EKONOMI.....		99
6.1.	Penaksiran Harga Peralatan.....	100
6.2.	Analisa Perhitungan Biaya	106
6.3.	Analisa Kelayakan.....	108
6.4.	Hasil Perhitungan	111
6.5.	Analisa Keuntungan	121
6.6.	Analisa Resiko Pabrik	122
BAB VII.....		124
PENUTUP.....		124
7.1.	Kesimpulan.....	124
7.2.	Saran	125
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN A		130
LAMPIRAN B		147

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 <i>Data Impor Kalsium Silikat dari Tahun 2017-2021</i>	3
Tabel 1.2 <i>Data ekspor kalsium Siliikat dari Tahun 2017-2021</i>	4
Tabel 1.3 <i>Data Konsumsi kalsium Siliikat Tahun 2017-2020</i>	6
Tabel 1.4 <i>Data Pabrik Kalsium Silikat di Dunia</i>	7
Tabel 1.5 Data Perbandingan Proses.....	13
Tabel 1.6 Nilai H ^{of} dan G ^{of} Masing-masing Komponen	14
Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	19
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Hammer Mill</i>	25
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Mixer Ribbon</i>	25
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Rotary Cooler</i>	26
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Ball Mill</i>	26
Tabel 3.5 <i>Spesifikasi Vibrating Screen</i>	27
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Mixer</i>	28
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Rotary Drum Vakum Filter</i>	29
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i>	29
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Cyclone</i>	30
Tabel 3.10 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Batu Kapur	30
Tabel 3.11 <i>Spesifikasi Silo</i>	31
Tabel 3.12 <i>Spesifikasi Tangki Asam Sitrat</i>	32
Tabel 3.13 <i>Heat Exchanger</i>	33
Tabel 3.14 Blower.....	33
Tabel 3.15 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> Utilitas	35
Tabel 3.16 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> Utilitas.....	36
Tabel 3.17 Spesifikasi Screw Conveyor	37
Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa.....	38
Tabel 3.19 Neraca Massa Total.....	39
Tabel 3.20 Neraca Massa <i>Hammer Mill</i> (HM-01).....	40
Tabel 3.21 Neraca Massa <i>Mixer Reborn</i> (M-01)	40
Tabel 3.22 Neraca Massa <i>Reaktor</i> (R-01).....	41

Tabel 3.23 Neraca Massa <i>Rotary Cooler</i> (RC-01).....	42
Tabel 3.24 Neraca Massa <i>Ball Mill</i> (BM-01).....	42
Tabel 3.25 Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i> (VS-01).....	43
Tabel 3.26 Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-02).....	43
Tabel 3.27 Neraca Massa <i>Rotary Drum Vakum Filter</i> (RDVF-01).....	44
Tabel 3.28 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	45
Tabel 3.29 Neraca Massa <i>Cyclone</i> (CY-01)	45
Tabel 3.30 Neraca Massa Silo Produk	46
Tabel 3.31 Neraca Energi <i>Hammer Mill</i> (HM-01).....	47
Tabel 3.32 Neraca Energi <i>Mixer Ribbon</i> (M-01).....	47
Tabel 3.33 Neraca Energi Reaktor (R-01)	47
Tabel 3.34 Neraca Energi <i>Rotary Cooler</i> (RC-01)	48
Tabel 3.35 Neraca Energi <i>Ball Mill</i> (BM-01)	48
Tabel 3.36 Neraca Energi <i>Vibrating Screen</i> (VS-01)	48
Tabel 3.37 Neraca Energi <i>Rotary Drum Vakum Filter</i> (RDVF-01).....	49
Tabel 3.38 Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	49
Tabel 3.39 Neraca Energi <i>Cyclone</i> (CF-01).....	49
Tabel 4.1 Rencana Rincian Luas Tanah dan Bangunan.....	55
Tabel 4.2 Jadwal Kerja Karyawan Shift	72
Tabel 4.3 Jumlah Pekerja <i>Non-shift</i>	73
Tabel 4.4 Jumlah Pekerja <i>shift</i>	75
Tabel 4.5 Rincian penggolongan jabatan	75
Tabel 4.6 Rincian Gaji Sesuai Jabatan	76
Tabel 4.7 Rincian Gaji Tenaga Kerja <i>Shift</i>	79
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Proses	86
Tabel 5.2 Total Kebutuhan Air	87
Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Alat Proses	89
Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	91
Tabel 5.5 Total Kebutuhan Listrik	92
Tabel 5.6 Spesifikasi Pompa Utilitas	97
Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan	100

Tabel 6.2 Harga Alat Proses.....	104
Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas	105
Tabel 6.4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	111
Tabel 6.5 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	112
Tabel 6.6 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	113
Tabel 6.7 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	113
Tabel 6.8 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	114
Tabel 6.9 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	115
Tabel 6.10 <i>Manufacturing Cost</i> (MC)	115
Tabel 6.11 <i>Working Capital</i> (WC).....	116
Tabel 6.12 <i>General Expense</i> (GE)	116
Tabel 6.13 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	117
Tabel 6.14 <i>Fixed Cost</i> (Fa).....	117
Tabel 6.15 <i>Variable Cost</i> (Va).....	118
Tabel 6.16 <i>Regulated Cost</i> (Ra).....	119
Tabel 6. 17 Parameter Risiko Pabrik.....	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kurva Linear Jumlah Import Kalsium Silikat di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Kurva Linear data ekspor Kalsium Silikat	5
Gambar 1.3 Kurva Linear Jumlah konsumsi Kalsium Silikat di Indonesia	6
Gambar 1.4 Rasio partikel wollastonite (Sumber : USGS, 2001)	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Material	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Material	23
Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik.....	50
Gambar 4.2 Denah Pabrik	56
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses.....	57
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan.....	62
Gambar 5.1 Proses Utilitas	98
Gambar 6.1 Indeks Harga Alat.	103
Gambar 6.2 Grafik Analisa Ekonomi	123

ABSTRAK

Pabrik Kalsium Silikat dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun selama 24 jam/hari. Kalsium Silikat merupakan bahan kimia intermediet, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan semen, keramik, dan lain sebagainya. Pabrik ini dirancang guna memenuhi kebutuhan dalam negeri serta meningkatkan devisa negara melalui kegiatan ekspor. Pabrik Kalsium Silikat direncanakan didirikan di daerah kawasan industri Cilegon, Banten dengan luas lahan $\pm 300.000 \text{ m}^2$. Proses produksi dilakukan dengan metode sintesis presipitasi (reaksi padatan). Proses ini dilakukan pada reactor batch furnace yang dirancang secara kontinyu dengan suhu operasi $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Proses berlangsung secara *irreversible* dengan perbandingan mol umpan reaktan antara kalsium karbonat dan pasir silika adalah 2:3. Nilai konversi yang didapat sebesar 80%. Hasil keluaran dari reactor masih mengandung bahan baku. Hal ini dikarenakan reaksi berjalan sesuai dengan nilai konversinya. Hasil produk Kalsium silikat yang didapatkan adalah sebesar 2020,20 kg/jam yang sudah termasuk dengan pengotornya. Hasil produk ini selanjutnya akan dimurnikan dari silikat melalui proses-proses yang sudah dirancang. Dalam penunjang proses produksi dibutuhkan air untuk proses sebesar 4015,8 kg/jam. Adapun untuk kebutuhan listrik untuk menunjang prosesnya produksi adalah sebesar 442,1 kW. Listrik diperoleh dari PLN serta generator sebagai cadangan. Dalam perncangan ini menyediakan unit kebutuhan air, listrik, udara tekan, bahan bakar dan *steam*. Dimana air yang kami ambil bersumber dari PT. Krakatau Stell dan listrik bersumber dari PLN. Hasil analisis ekonomi diperoleh ROI sebelum dan sesudah pajak sebesar 22,3% dan 16,7%, POT sebelum dan sesudah pajak selama 3,1 tahun dan 3,7 tahun, BEP 42,59% dan SDP 9,12%. Dari parameter kelayakan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik kalsium silikat dari pasir silika dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata kunci : Kalsium silikat, Pasir silika, Presipitasi padatan.

ABSTRACT

Calcium Silicate Plant is designed with a capacity of 20,000 tons/year with an operating time of 330 days/year for 24 hours/day. Calcium Silicate is an intermediate chemical, which can then be utilized as a raw material for the manufacture of cement, ceramics, and so on. This plant is designed to meet domestic needs and increase foreign exchange through export activities. The Calcium Silicate Plant is planned to be established in the Cilegon industrial area, Banten with a land area of $\pm 300,000$ m². The production process is carried out by precipitation synthesis method (solids reaction). This process is carried out in a batch furnace reactor designed continuously with an operating temperature of 1200 oC and a pressure of 1 atm. The process was irreversible with the reactant feed mole ratio between calcium carbonate and silica sand being 2:3. The conversion value obtained is 80%. The output of the reactor still contains raw materials. This is because the reaction runs according to the conversion value. Calcium silicate product yield obtained is 2020.20 kg / hour which includes impurities. This product will then be purified from silicate through the processes that have been designed. In supporting the production process, water is needed for the process of 4015.8 kg/hour. As for electricity needs to support the production process is 442.1 kW. Electricity is obtained from PLN and a generator as a backup. In this design, it provides units for water, electricity, compressed air, fuel and steam needs. Where the water we take is sourced from PT Krakatau Stell and electricity is sourced from PLN. The results of the economic analysis obtained ROI before and after tax of 22.3% and 16.7%, POT before and after tax for 3.1 years and 3.7 years, BEP 42.59% and SDP 9.12%. From the above feasibility parameters, it can be concluded that the calcium silicate plant from silica sand with a capacity of 20,000 tons / year is feasible to establish.

Keywords: Calcium silicate, Silica sand, Precipitation of solids.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era globalisasi ini semua negara bersama-sama mencoba untuk mengembangkan industri di negaranya, Indonesia pun masuk ke dalamnya. Salah satu cara untuk mengembangkan industri di Indonesia yaitu dengan memperhatikan industri kimia, baik industri kimia yang menghasilkan suatu produk jadi maupun produk antara yang dapat diolah lebih lanjut. Karena sebagaimana kita ketahui Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang memadai namun cara pengolahannya masih belum tepat sehingga masih banyak bahan-bahan industri atau pun kebutuhan pangan, sandang, papan yang harus diimpor dari luar negeri. Hal ini tentu harus menjadi perhatian bagi masyarakat agar bisa lebih mengembangkan industri di Indonesia salah satunya industri kimia. Dengan berdirinya pabrik-pabrik industri kimia ini tentunya diharapkan dapat mengurangi devisa negara dan tentu dapat membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat Indonesia, hal ini tentu dapat menurunkan angka pengangguran dan juga angka kemiskinan di Indonesia.

Salah satu contoh produk antara lain yaitu kalsium silikat (CaSiO_3) atau wollastonite yang biasa diproduksi dalam bentuk padatan baik berupa papan ataupun serbuk. Pabrik kalsium silikat sendiri di Indonesia tergolong jarang bahkan belum ada pabrik kalsium silikat yang berdiri di Indonesia. Hal ini ditunjukkan oleh data impor yang ada. Dengan demikian, pembangunan pabrik industri kimia Kalsium Silikat ini sangat penting, agar Indonesia tidak lagi ketergantungan pada bahan impor sekaligus industri luar negeri. Hal ini akan dapat juga menghemat pengeluaran Indonesia terhadap devisa negara.

Kalsium silikat merupakan salah satu jenis bahan isolasi panas maka tak jarang kalsium silikat sering dijadikan sebagai isolasi pipa peralatan

bersuhu tinggi, dan juga kalsium silikat merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan semen, dan juga keramik.

Kalsium silikat (CaSiO_3) merupakan bahan yang sangat menarik, bentuk dari kalsium silikat biasanya berbentuk kristal berwarna putih bersih dengan ukuran partikel 10-250 mesh. Sifat-sifat kalsium silikat memiliki konduktivitas termal yang rendah, densitas bahan 2,87 - 3,09 (g/cm^3), grafitasi spesifik padatan 220 - 1360, dan pH 8-10 (deer,1978). Sifat yang dimiliki oleh kalsium silikat inilah yang penting untuk digunakan dalam berbagai bidang, seperti dalam proses produksi keramik suhu tinggi, pengecoran, lapisan metal, bahan bioaktif untuk aplikasi ortopedi, dan masih banyak lagi.

Bahan baku dalam pembuatan kalsium silikat adalah kalsium karbonat dan silikat dioksida. Silika dioksida ini biasanya terkandung dalam pasir silika, oleh karena itu dalam pembuatan pra rancangan pabrik kalsium silikat ini menggunakan bahan baku pasir silika

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam menentukan kapasitas produksi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1.2.1. Supply

Supply terdiri dari produksi dalam negeri dan import

1.2.1.1. Produksi Dalam Negeri

berdasarkan tidak adanya pabrik kalsium silikat yang berdiri di Indonesia maka data produksi dalam negeri dianggap tidak ada.

1.2.1.2. Import

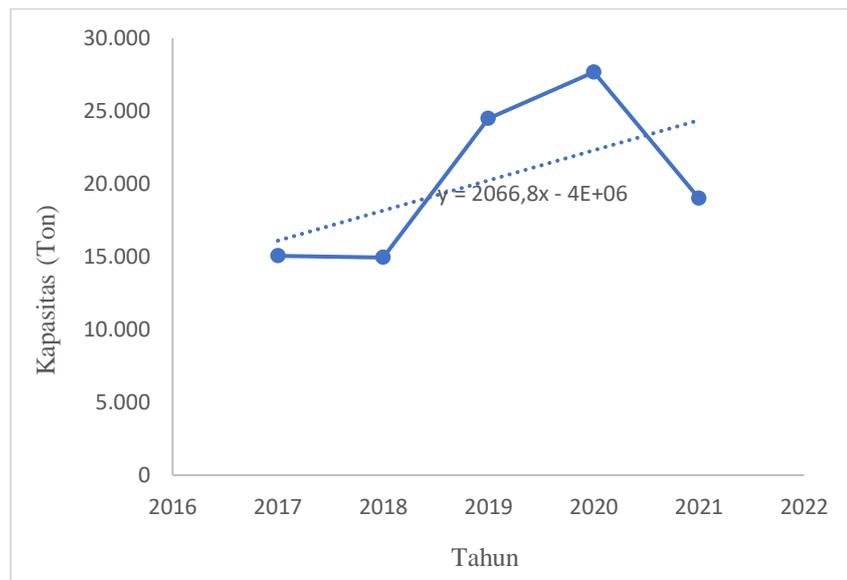
Kebutuhan kalsium Silikat di Indonesia terus mengalami peningkatan berdasarkan kebutan pada tahun 2017-2021, hal ini di tunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 *Data Impor Kalsium Silikat dari Tahun 2017-2021*

Data Import Kalsium silikat	
Tahun	Kapasitas (Ton)
2017	15.041,87
2018	14.939,25
2019	24.488,14
2020	27.664,05
2021	19.013,62

(Sumber : BPS)

Berdasarkan Tabel 1.1 data impor kalsium silikat terus mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Dalam prarancangan pabrik ini akan didirikan pada tahun 2027. Selanjutnya data Tabel 1.1 tersebut di proyeksikan menggunakan metode regresi linear, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kurva Linear Jumlah Import Kalsium Silikat di Indonesia

Dari Gambar 1.1. tersebut, diperoleh persamaan regresi linear yaitu :

$$y = 2066,8x - 4E + 06$$

Keterangan :

y adalah kapasitas produksi pabrik yang akan direncanakan

x adalah tahun yang akan dicari

Dari persamaan tersebut dapat diproyeksikan nilai impor pada tahun 2027 di Indonesia yaitu sebesar 189.404 ton/tahun. Dikarenakan data produksi dalam negeri tidak ada maka nilai supply pada tahun 2027 adalah 189.404 ton/tahun.

1.2.2. Demand (Permintaan)

Demand terdiri dari Ekspor dan Konsumsi dalam negeri.

1.2.2.1. Ekspor

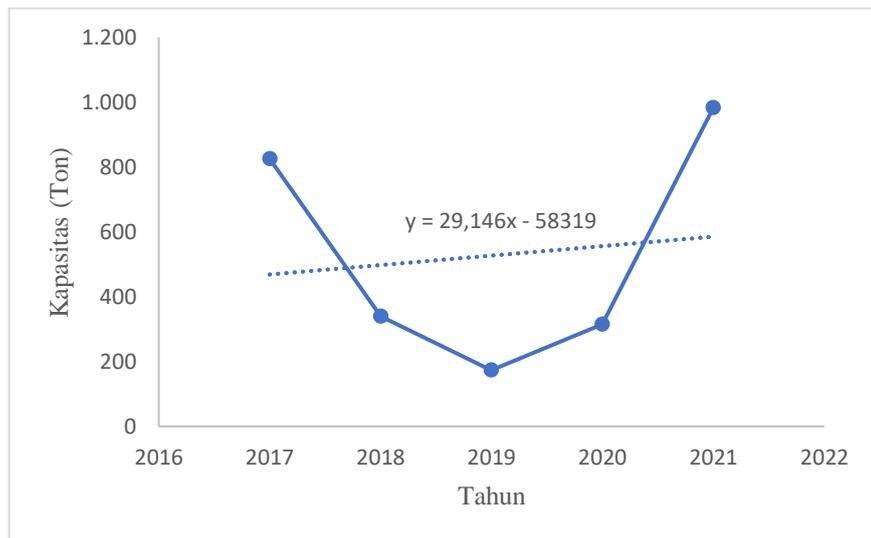
Data ekspor kalsium silikat di Indonesia tergolong fluktuatif. Adapun data ekspor disajikan pada table berikut:

Tabel 1.2 *Data ekspor kalsium Siliikat dari Tahun 2017-2021*

Data Ekspor Kalsium silikat	
Tahun	Jumlah Ekspor (Ton)
2017	825,03
2018	339,20
2019	173,14
2020	314,54
2021	983,09

(Sumber : BPS)

Berdasarkan Tabel 1.2. Data Eksport kalsium silikat terus mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Dalam prarancangan pabrik ini akan didirikan pada tahun 2027. Selanjutnya data Tabel 1.2. tersebut di proyeksikan menggunakan metode regresi linear, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kurva Linear data eksport Kalsium Silikat

Dari Gambar 1.2. tersebut, diperoleh persamaan regresi linear yaitu :

$$y = 29,146x - 58319$$

Keterangan :

y adalah kapasitas produksi pabrik yang akan direncanakan

x adalah tahun yang akan dicari

Dari persamaan tersebut dapat diproyeksikan nilai eksport pada tahun 2027 di Indonesia yaitu sebesar 760 ton/tahun.

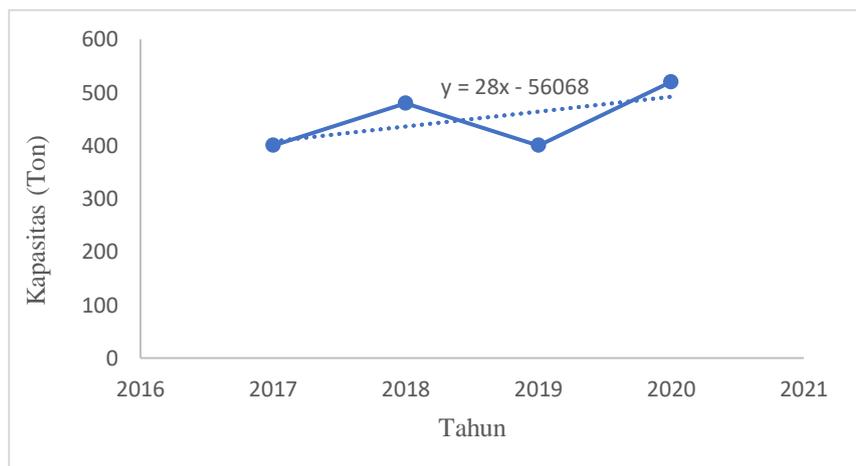
1.2.2.2. Konsumsi Dalam Negeri

Kalsium silikat banyak digunakan dalam beberapa industri contohnya semen, dan juga sebagai bahan isolasi suatu alat dikarenakan kalsium silikat memiliki daya konduktivitas yang rendah.

Tabel 1.3 *Data Konsumsi kalsium Siliikat Tahun 2017-2020*

Data konsumsi Dalam Negeri	
Tahun	Kapasitas (Ton)
2017	400
2018	480
2019	400
2020	520

(Sumber : BPS)



Gambar 1.3 Kurva Linear Jumlah konsumsi Kalsium Silikat di Indonesia

Dengan memproyeksikan data tersebut menggunakan excel dengan cara regresi linear, maka didapatkan estimasi konsumsi kalsium silikat pada tahun 2027 adalah 688 ton/tahun.

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi dalam negeri yang sudah didapatkan nilai estimasinya pada tahun 2027, maka nilai *demand* kalsium silikat adalah sebagai berikut :

$$Demand = Ekspor + Konsumsi$$

$$Demand = 760 + 688 \text{ ton/tahun}$$

$$Demand = 1.448 \text{ ton/tahun}$$

1.2.3. Peluang

Peluang dihitung dengan cara demand dikurangi supply sehingga perhitungan yang didapatkan adalah -187.956 ton/tahun. Berdasarkan hasil peluang yang didapat data tidak dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk menentukan kapasitas pabrik ini.

1.2.3.1. Kapasitas pabrik kalsium silikat

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik kalsium silikat yang akan didirikan, maka diperlukan juga data kapasitas pabrik kalsium silikat yang telah berdiri. Daftar nama pabrik tersebut ditampilkan pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 *Data Pabrik Kalsium Silikat di Dunia*

Pabrik	Kapasitas (Ton/tahun)
Wuhan Lollaby Biotechnolgy Co.Ltd	12.000
Amanda Internasional Private Limited	60.000
Wuhan Lwax Pharma Tech Co.Ltd	360.000
Shandong Zhi Shang Chemical Co.Ltd	661.386
Hebei Chuangsen Tecnology Co.Ltd	600.000

Berdasarkan data import dan kapasitas pabrik yang telah didirikan maka ditentukanlah kapasitas pabrik kalsium silikat pada tahun 2027 sebesar 20.000 ton/tahun guna menutupi kebutuhan kalsium silikat di Indonesia serta dapat mengurangi nilai impor kalsium silikat.

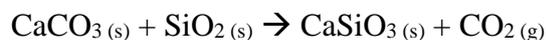
1.2.4. Ketersediaan Bahan Baku

Dalam pembuatan kalsium silikat dibutuhkan bahan baku kalsium karbonat sebanyak 21.542 ton/tahun dan juga pasir silika sebanyak 19.388 ton/tahun. Kalsium karbonat akan didapatkan dari PT. Sukses Agro Kampar dengan kapasitas 54.000 ton/tahun berasal dari Jakarta Utara, dan untuk pasir silika akan didapatkan dari PT. Silicaindo Makmursentosa dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun berasal dari Tangerang, Banten. Sehingga untuk pemenuhan bahan baku tidak perlu dikhawatirkan.

1.3. Tinjauan Pustaka

Kalsium silikat adalah mineral kimia yang memiliki nama lain atau nama dagang yaitu wollastonite, hal ini terjadi karena untuk menghormati ahli mineral kimia Inggris yaitu Sir W.H Wollaston. Kalsium silikat (CaSiO_3) terdiri dari kalsium (Ca) dan silikon dan oksigen (SiO_2) yang dinamai silika. Kalsium silikat dapat diperoleh dari alam dan secara buatan yang kedua metode ini sama-sama melibatkan panas dan tekanan. Kalsium silikat yang diperoleh dari alam biasanya tidak murni melainkan memiliki campuran seperti magnesium, besi, sodium, dan pottasium. Sehingga memiliki waktunya yang lebih lama untuk menghasilkan kalsium silikat.

Adapun Reaksi dari kalsium silikat sebagai berikut :



Wollastonite memiliki beberapa sifat fisik yang membuatnya berguna sebagai mineral industri, yaitu :

1. Nilai konduktivitas yang rendah
2. Susut massa yang kecil
3. Kekerasan yang tinggi (Borodina & Kozik, 2005)

Sifat pembelahan yang unik, selama proses penghancuran kalsium silikat akan pecah menjadi partikel berbentuk bilah atau jarum (acicular). Ukuran pecahan kalsium silikat terkecil memiliki perbandingan 3:1 dan yang tinggi 20:1 dengan rasio panjang partikel dibanding dengan diameter partikel. Beda perbandingan ukuran akan berbeda juga mengaplikasikannya.



Gambar 1.4 Rasio partikel wollastonite (Sumber : USGS, 2001)

4. Kecerahan dan keputihan, kalsium silikat komersial memiliki nilai kecerahan 85% - 90% diatas standar magnesium oxide dan barium sulfat.
5. Struktur kristal dan sifat fisik wollastonite atau kalsium silikat stabil. (USGS, 2001).

Wollastonite memiliki banyak kegunaan di berbagai cabang industri di seluruh dunia. Tahun 1980-an, wollastonite telah dikembangkan dalam produk asbestos termasuk isolasi papan dan panel-panel, cat, plastik, atap genteng, dan pada perangkat gesekan seperti rem (Bauer et al., 1994). Selain itu, wollastonite juga digunakan sebagai bahan dasar semen, pupuk, pembuatan kayu lapis, keramik, dan elektronik (Yazdani et al., 2010). 12 Dalam industri semen dan keramik, wollastonite digunakan dalam campuran semen dan keramik karena mempunyai kekerasan yang tinggi (Yun et al., 2006). Selain itu, wollastonite juga digunakan dalam bidang medis yakni untuk bahan tulang buatan, akar gigi dan penumbuhan sel (Zhong et al., 2011). Dalam bidang medis, wollastonite digunakan sebagai bahan baku karena mempunyai bioaktivitas yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya nilai kekuatan lentur wollastonite yang dekat dengan kekuatan lentur korteks tulang manusia yakni mencapai 95,03 MPa (Lin et al., 2007). Selain itu, wollastonite juga digunakan pada beberapa bahan antibakteri untuk mencegah pertumbuhan bakteri (Wu et al., 2014).

1.3.1. Macam – Macam Proses

Dalam pembuatan kalsium silikat dikenal dengan berbagai macam proses yang sudah dipakai, antara lain:

1. Metode presipitasi / reaksi padatan

Semakin berkembangnya zaman, semakin banyak metode yang digunakan dalam mensintesis suatu material. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode solid stated. Metode keadaan padat (Solid Stated) merupakan suatu teknik yang digunakan dalam penyediaan padatan polikristalin. Polikristalin merupakan padatan Kristal disintesis secara langsung dari pereaksi-pereaksinya yang berwujud padat. Metode ini paling banyak digunakan untuk sintesis bahan anorganik.

Teknik ini menggunakan suhu yang tinggi untuk waktu yang lama, hal ini dilakukan karena pada kenyataannya padatan tidak akan bereaksi pada suhu kamar, tetapi pada suhu tinggi padatan juga akan mengalami laju reaksi yang tinggi pula. Dalam sintesis reaksi padatan ini dengan mencampurkan dua atau lebih padatan untuk membentuk produk yang berupa padatan juga. Dalam proses ini juga memerlukan sintering pada suhu tinggi yaitu 1000 °C hingga 1500 °C dan hasil dari produk ini cenderung memiliki ukuran butir yang besar (Lin et al.,2007)

2. Metode Sol-Gel

Menurut (Puspita, 2018) proses sol gel juga didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa melalui reaksi kimia dalam larutan dengan suhu rendah. Metode sol gel sudah banyak digunakan untuk menghasilkan berbagai produk salah satunya ialah bahan keramik dan gelas. Produk yang dihasilkan dari metode ini akan memiliki kemurnian dan homogenitas yang tinggi, dan juga dapat mengontrol distribusi ukuran pori dalam skala nano meter, baik dalam bentuk *bulk, fiber, tube*, lapis tipis, dan memungkinkan juga untuk memodifikasi material sehingga dapat menghasilkan material baru dan sifat baru. Metode ini relatif mudah dilakukan karena tidak membutuhkan waktu yang lama dalam prosesnya dan akan menghasilkan interaksi antara padatan dan bahan yang dimobilisasi relatif kuat.(Brinker and scheree,1990). Namun metode ini akan menghasilkan sampel dengan tingkat bioaktivitas yang lebih tinggi dari pada kalsium silikat yang dibuat dengan metode reaksi padatan. (Lara et al.,2010). Dan juga metode ini menggunakan alat yang mahal dan memiliki efisiensi yang rendah jika dibandingkan dengan rekasi padatan (podporska et al.,2008)

Salah satu proses sintesis khas untuk gel kalsium silikat adalah kogelasi tetraoxysilane (TEOS) dan kalsium nitrat terhidrasi. Karena laju hidrolisis TEOS sangat lambat dalam larutan netral, rute ini membutuhkan penambahan katalis asam (misalnya asam asetat dan asam nitrat) atau basa (misalnya amonia) selama gelasi. Kehadiran air saja, tanpa katalis, menghasilkan struktur gel homogen yang elastis, yang membutuhkan waktu pengeringan yang lama. Keramik turunan sol-gel menunjukkan homogenitas dan bioaktivitas kimia dan struktural yang lebih baik dari pada keramik yang diperoleh melalui metode peleburan kaca konvensional atau bubuk keramik seperti sintering keadaan padat. (Masli et al.,2019)

3. Metode Hydrotermal

hidrothermal didefinisikan sebagai metode pertumbuhan ukuran kristal yang disebabkan oleh pemanasan material oleh uap air. Pertumbuhan kristal pada proses ini terjadi pada baja bertekanan tinggi yang disebut *autoclave*. (Purwana, 2017).

Prinsip teknik hydrothermal yaitu pemanasan reaktan dalam wadah tertutup dengan menggunakan medium air dimana sistem yang tertutup ini memungkinkan tekanan dan suhu yang meningkat dengan cepat. Sehingga memperoleh hasil kemurnian dan kristalinitas yang tinggi dengan hanya memanfaatkan mineral alam Indonesia yang berkualitas rendah sebagai bahan utama dalam metode hydrothermal. Namun metode ini biasa diterapkan untuk mensintesis nanowires β -CaSiO₃, dan sebagian besar menggunakan pelarut organik yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan dan juga tidak cocok untuk mensintesis β -CaSiO₃ pada skala besar (Lin et al.2006).

Tabel 1.5 Data Perbandingan Proses

Proses	Padatan (Presipitasi)	Hydrotermal	Sol-Gel
Bahan baku	CaCO ₃ dan SiO ₂	CaO dan SiO ₂ (asal organik)	Ca(NO ₃) ₂ dan SiC ₈ H ₂₀ O ₄ (TEOS)
Suhu Proses	1200	800 °C	950 °C
Waktu proses	6,5 jam	12 jam	12 jam
Tekanan Proses	1 Atm	136 Atm	1 Atm
Katalis	-	-	HNO ₃
Ekonomis	Murah	Mahal	Mahal
Konversi	80 %	-	-

1.3.2. Alasan Pemilihan Proses

Berdasarkan Tabel 1.5 maka dalam proses pembuatan kalsium silikat dipilih proses reaksi padatan dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Metode reaksi padatan ini umumnya digunakan untuk pencampuran 2 padatan yang bersifat anorganik.
2. Instrumen dan peralatan yang digunakan tidak terlalu banyak, sehingga dapat menurunkan cost dalam perancangan alat.
3. Sintesis Kalsium Silikat relative lebih sederhana dibandingkan metode-metode yang lain.
4. Proses pembuatan kalsium silikat berlangsung pada tekanan atmosferik

1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1. Tinjauan Termodinamika

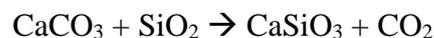
Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat panas reaksi suatu zat yaitu endotermis atau eksotermis, serta reaksi tersebut berjalan *reversible* ataupun *irreversible*

1.4.1.1. Panas Pembuatan Standar (ΔH°_r)

Perhitungan panas ini ditujukan untuk mengetahui panas reaksi yang terjadi pada proses merupakan reaksi endotermis atau reaksi eksotermis. Reaksi endotermis merupakan reaksi yang membutuhkan panas dari luar sistem, nilai ΔH°_r dari reaksi ini ialah positif, sedangkan eksotermis adalah yang menghasilkan panas dari reaksi tersebut, nilai ΔH°_r dari reaksi ini ialah negatif. Nilai ΔH°_r dapat dicari dengan rumus dibawah ini :

$$\Delta H^\circ_{r(298K)} = \Delta H^\circ_{r(\text{Produk})} - \Delta H^\circ_{r(\text{Reaktan})} \quad (1.1)$$

Maka nilai ΔH°_r pada persamaan ini adalah :



Tabel 1.6 Nilai H°_f dan G°_f Masing-masing Komponen

No.	Komponen	H°_f (298) (kj/mol)	G°_f (298) (kj/mol)
1	CaSiO ₃	-1630	-1655

Lanjutan Tabel 1.6 Nilai H^of dan G^of Masing-masing Komponen

2	CO ₂	-393,5	-394,40
3	CaCO ₃	-1207	-1129,11
4	SiO ₂	-911	-856,30

$$\Delta H^{\circ}_{r_{298}} = \Delta H^{\circ}_{r(\text{Produk})} - \Delta H^{\circ}_{r(\text{Reaktan})}$$

$$\Delta H^{\circ}_{r_{298}} = (\Delta H^{\circ}_{f(\text{CaSiO}_3)} + \Delta H^{\circ}_{f(\text{CO}_2)}) - (\Delta H^{\circ}_{f(\text{CaSiO}_3)} + \Delta H^{\circ}_{f(\text{CO}_2)})$$

$$\Delta H^{\circ}_{r_{298}} = (-1630 + (-393,5)) - (-1207 + (-991))$$

$$\Delta H^{\circ}_{r_{298}} = 174,5 \text{ kJ/mol}$$

Nilai ΔH°_r bertanda positive, maka reaksi berjalan secara Endotermis.

1.4.1.2. Energi Bebas Gibbs (ΔG°)

Perhitungan energi bebas gibbs ditujukan untuk mengetahui arah reaksi kimia terjadi, apakah reaksi kalsium silikat ini merupakan reaksi yang berjalan secara spontan atau tidak spontan. Reaksi kimia yang berjalan secara tidak spontan berarti reaksi tersebut membutuhkan energi tambahan yang berasal dari luar sistem, ditandai dengan nilai gibbs nya bernilai ($\Delta G^{\circ} > 0$). Sedangkan reaksi kimia yang berjalan secara spontan berarti reaksi tersebut dapat terjadi langsung tanpa diperlukan energi tambahan dari luar sistem, dan ditandai dengan nilai gibbs bernilai ($\Delta G^{\circ} < 0$). Nilai ΔG° dapat dicari dengan persamaan 1.2 :

Nilai gibbs untuk zat kalsium silikat dihitung melalui rumus berikut

$$\Delta G \text{ CaSiO}_3 = \Delta H - T \Delta S \quad (1.2)$$

$$\Delta G \text{ CaSiO}_3 = -1630 \text{ KJ/mol} - (298\text{K} \cdot 0,084 \text{ KJ/mol.K})$$

$$\Delta G \text{ CaSiO}_3 = -1655 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{(298\text{K})} = \Delta G^\circ_{\text{f (Produk)}} - \Delta G^\circ_{\text{f (Reaktan)}} \quad (1.3)$$

$$\Delta G^\circ_{(298\text{K})} = (\Delta G^\circ_{\text{f CaSiO}_3} + \Delta G^\circ_{\text{f CO}_2}) - (\Delta G^\circ_{\text{f CaCO}_3} + \Delta G^\circ_{\text{f SiO}_2})$$

$$\Delta G^\circ_{(298\text{K})} = (-1655 + (-394,40)) - (-1129,11 + (-856,30))$$

$$\Delta G^\circ_{(298\text{K})} = (-2049,4) - (-1985,41)$$

$$\Delta G^\circ_{(298\text{K})} = -63,66$$

Nilai ΔG°_r pada persamaan ini bertanda negatif, maka reaksi berjalan secara spontan. Harga konstanta kesetimbangan pada keadaan standar untuk proses dapat dicari dengan persamaan 1.3 berikut :

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G}{RT} \quad (1.4)$$

Dimana untuk mencari nilai K adalah dengan menggunakan Pers. 1.4

$$K_{298} = \exp\left(\frac{\Delta G^\circ_{298}}{RT}\right)$$

Konstanta kesetimbangan untuk proses Reaksi Padatan :

$$K_{298} = \exp\left(\frac{-63,66}{8,314 \times 10^{-3} \cdot 298}\right)$$

$$K_{298} = \exp(-25,7)$$

$$K_{298} = 6,9 \times 10^{-12}$$

Pada suhu 1200 °C (1473,15 K), konstanta kesetimbangan dapat dihitung menggunakan persamaan Van't Hoff yang disajikan pada Pers. 1.5:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1.5)$$

Dengan menggunakan Pers. 1.5, maka nilai konstanta kesetimbangan pada proses reaksi padatan pada suhu 1473,15 K adalah sebagai berikut :

$$\ln \frac{K_2}{6,9 \times 10^{-12}} = \frac{0,17415 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/K.mol}} \left(\frac{1}{1473,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \frac{K_2}{6,9 \times 10^{-12}} = 0,02094 \text{ K} (0,00067 - 0,00335)$$

$$\frac{K_2}{6,9 \times 10^{-12}} = \exp(-0,0000559)$$

$$K_2 = 0,9999 \times 6,9 \times 10^{-12}$$

$$K_2 = 6,899 \times 10^{-12}$$

Nilai $K_2 < 1$, berarti reaksi berjalan irreversible

1.4.2. Tinjauan Kinetika

Perancangan reactor memerlukan nilai kinetika pembentukan kalsium silikat dari batu kapur dan pasir silika. Berdasarkan referensi jurnal T.V. Vakalova dan dkk, 2016, Ceramic International (*Solid-phase synthesis of wollastonite in natural and technogenic siliceous stock mixtures with varying levels of calcium carbonate component*) diketahui bahwa nilai konstanta laju reaksi yang didapatkan sebesar 14,8/menit dengan nilai konversi 80%.

BAB II
PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Spesifikasi	Bahan Baku		Produk	
	Kalsium Karbonat	Pasir Silika	Kalsium Silikat	Karbon Dioksida
Rumus Molekul	CaCO ₃	SiO ₂	CaSiO ₃	CO ₂
Berat Molekul (gram/mol)	100,0869	60,08	116,16	44,01
Titik Didih (°C)	2850	2230	N/A	78,5
Titik Lebur (°C)	825	1700	1540	55,6
Densitas (kg/m ³)	2771	2600	2900	2,30
Viskositas (cP)	N/A	N/A	N/A	N/A
Kemurnian (%)	>95	98,58	97-98	-

Lanjutan Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Kelarutan (water)	solubility	Insolubility	Insolubility	Solubility
<i>Spesific Gravity</i>	2,7	2,2	2,9	1,5
Fasa	Padat	Padat	Padat	Gas

(MSDS, Chemical Book, Industries Supllyer)

2.2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dalam memproduksi Kalsium Silikat dari bahan baku berupa Batu kapur dan Pasir silika meliputi beberapa macam yaitu pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Di mana tujuan dari pengendalian kualitas adalah agar seluruh kegiatan produksi dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan yang diharapkan dan juga dengan kualitas mutu yang baik.

2.3.1. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui kualitas bahan baku yang dipergunakan guna memperhatikan kualitas bahan baku dengan baik agar menghasilkan produk yang lebih baik. Pada dasarnya, dengan kualitas bahan baku yang baik dapat menghasilkan produk kalsium silikat yang memiliki kualitas dan jumlah yang sesuai.

2.3.2. Pengendalian kualitas proses

Pengendalian kualitas proses dilakukan dengan memasang alat pengendali proses yang dipusatkan pada ruang kontrol. Di mana apabila dalam proses produksi Kalsium Silikat dari Pasir silika dan Batu kapur terdapat hal-hal yang tidak seharusnya terjadi atau terjadi penyimpangan yang berkaitan dengan suhu, aliran (flow) dan tekanan, maka akan ada sinyal dari alat pengendali tersebut berupa alarm yang berbunyi. Beberapa pengendali kontrol yang terdapat pada pengendalian kualitas proses adalah :

- *Pressure controller*, yang berfungsi untuk mengendalikan tekanan pada suatu alat yang memerlukan tekanan operasi di atas tekanan atmosfer, sehingga perlu dijaga tekanan prosesnya supaya tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

- *Level controller*, yang berfungsi untuk mengendalikan volume cairan di dalam tangki supaya tidak melebihi batas yang telah ditentukan.
- *Flow rate controller*, yang berfungsi untuk mengenalikan aliran masuk atau aliran keluar dari dan ke suatu alat.
- *Temperature controller*, yang berfungsi untuk mengendalikan suhu yang mana suhu yang terdapat pada suatu proses tidak boleh melebihi batasan nilai atau set point yang telah ditentukan.
- *Weight Controller*, yang berfungsi untuk mengendalikan berat padatan yang ada di silo bahan baku dan silo produk agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

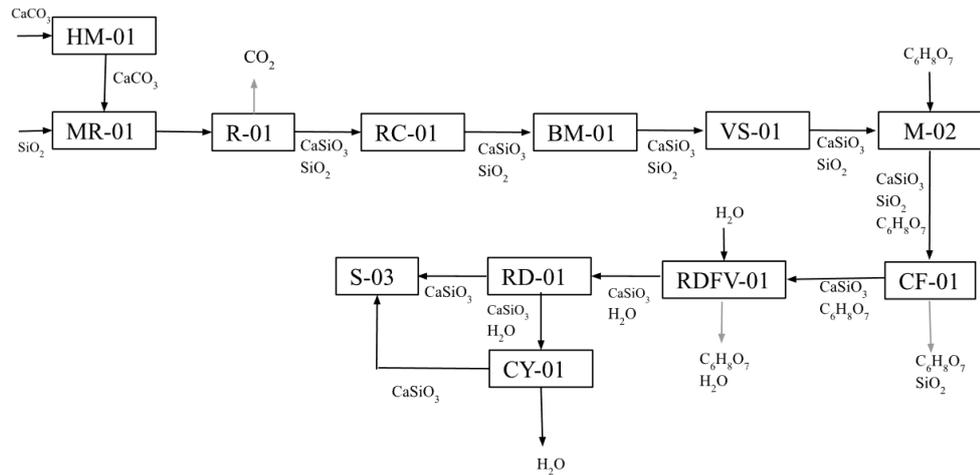
2.3.3. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dilaksanakan untuk dapat menjaga kualitas produk yang dihasilkan dari bahan baku menjadi produk. Untuk menghasilkan produk Kalsium Silikat yang memiliki mutu dan kualitas produk maka dibutuhkan bahan yang berkualitas. Dan harus dalam pengawasan terhadap pengendalian kualitas produk dengan system control untuk menghasilkan produk yang baik dan dapat berkualitas agar bisa di terima di tangan konsumen

BAB III

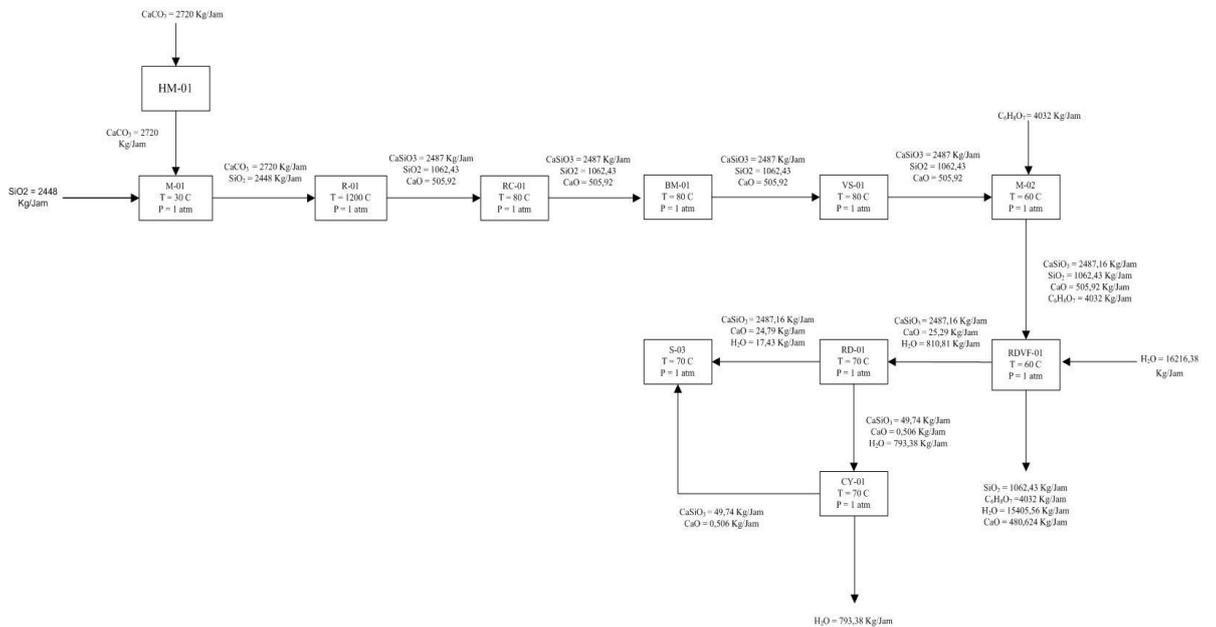
PERANCANGAN PROSES

3.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.2. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.3. Uraian Proses

3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Kalsium Karbonat atau batu kapur yang berbentuk padatan disimpan pada Open Storage dengan kondisi suhu lingkungan dan tekanan 1 atm. kemudian dihancurkan menggunakan Hammer Mill (HM-01) untuk dihaluskan hingga berbentuk butiran pasir. kemudian kalsium karbonat hasil dari hammer mill dibawa dengan belt conveyor (BC-03) dan bucket elevator (BE-02) menuju silo (S-02). Sedangkan untuk pasir silika yang juga berbentuk butiran pasir padatan disimpan di Silo (S-01). Setelah semua bahan baku siap kemudian kedua bahan baku tersebut dicampur didalam mixer ribbon (M-01). Kemudian setelah dari mixer ribbon campuran kalsium karbonat dan pasir silika dibawa ke reaktor *furnace*

3.2.2. Tahap Presipitasi

Tahap presipitasi atau reaksi padat-padatan dilakukan pada suhu 1200 °C dan tekanan 1 atm dan direaksikan selama 7 jam. Setelah proses reaksi selesai padatan produk dan pengotornya dibawa menuju Rotary Cooler (RC-01) untuk didinginkan dari suhu 1200 °C ke suhu 80 °C.

3.2.3. Tahap Pemurnian

Setelah didinginkan didalam Rotary Cooler (RC-01) produk dan pengotor berupa SiO₂ dibawa menuju Ball Mill (BM-01) untuk dihancurkan dan di teruskan menuju Vibrating Screen (VS-01) untuk dilakukan pengayakan hingga ukurannya menjadi 294 mesh. Setelah itu produk dan pengotor dibawa dengan belt conveyor menuju Mixer (M-02) untuk dilakukan penglarutan menggunakan asam sitrat, pengotor yang dilarutkan berupa SiO₂. Dan selanjutnya dipisahkan larutan dan padatan menggunakan centrifuge (CF-01). Hasil padatan kemudian dicuci menggunakan Rotary Drum Vakum Filter (RDFV-01) untuk menghilangkan sisa asam sitrat yang masih melekat menggunakan air (H₂O). Setelah itu hasil filtrat dari RDFV-01 di

umpankan menuju Rotary Dryer (RD-01) untuk mengurangi kadar air yang terkandung didalam padatan. Setelah itu produk keluaran rotary dryer di bawa menuju Silo produk (S-03) untuk dilanjut ke proses pengemasan.

3.4. Spesifikasi Alat

3.3.1. *Hamer Mill*

Tabel 3.1 Spesifikasi *Hammer Mill*

Kode :	HM-01
Fungsi :	Menghancurkan padatan batuan kalsium karbonat sebelum direaksikan
Jumlah :	1 unit
Spesifikasi Hammer mill	
Kapasitas :	2716,8234 Kg/jam
Daya :	3 Hp

3.3.2. *Mixer Ribbon*

Tabel 3.2 Spesifikasi *Mixer Ribbon*

Kode :	M-01
Fungsi :	Mencampurkan padatan kalsium karbonat dan juga padatan silika dioksida
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	30 °C
Dimensi Mixer	
Panjang :	2,480 m
Lebar :	1,651 m
Tinggi :	1,805 m

Lanjutan Tabel 3.2 Spesifikasi *Mixer Ribbon*

Power :	18,5 kW
Rotating Speed :	41 r/menit

3.3.3. Rotary Cooler

Tabel 3.3 Spesifikasi *Rotary Cooler*

Kode :	RC-01	
Fungsi :	Mendinginkan CaSiO ₃ dari reaktor	
Jenis :	<i>Radial flight with a 45o lip C</i>	
Bahan Kontruksi :	<i>Stainless Steel SA 304</i>	
Jumlah :	1 unit	
Kondisi Operasi		
Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30 °C	
Dimensi		
Diameter :	2,588 m	101,906 in
Panjang :	3,193 m	125,714 in

3.3.4. Ball Mill

Tabel 3.4 Spesifikasi *Ball Mill*

Kode :	BM-01	
Jenis Alat :	<i>Marcy Ball Mill</i>	
Fungsi :	Memperkecil ukuran kalsium silikat	
Jenis Bahan :	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	
Jumlah :	1 unit	
Kondisi Operasi		
Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30 °C	

Lanjutan Tabel 3.4 Spesifikasi *Ball Mill*

Dimensi Ball Mill		
Diameter :	4 ft	48 in
Panjang :	5 ft	60 in
Tebal Dinding :	0,1875 in	
Daya :	50 Hp	
Kecepatan :	27 rpm	

3.3.5. *Vibrating Screen*

Tabel 3.5 Spesifikasi *Vibrating Screen*

Kode :	VS-01	
Fungsi :	Menyamarkan ukuran produk kalsium silikat yang telah dihancurkan dari hammer mill	
Jumlah :	1 unit	
Kondisi Operasi		
Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30 °C	
Dimensi <i>Vibrating Screen</i>		
Diameter ayakan:	0,215 mm	0.0085 in
Panjang:	0,0750 m	2.9527575 in
Lebar:	0,05 m	1.968505 in
Daya:	30 Hp	
No ayakan:	50	
Ukuran mesh:	48 mesh	
Faktor bukaan:	33,55 %	
Luas screen:	0,063 ft ²	

3.3.6. Mixer

Tabel 3.6 Spesifikasi *Mixer*

Kode :	M-02
Fungsi :	Untuk melarutkan SiO ₂ dengan asam sitrat
Jenis :	Silinder vertikal dengan Head dan Bottom berbentuk Torispherical
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi :	
Tekanan Operasi :	1 atm
Suhu Operasi :	60 °C
Kondisi Operasi :	Isotermal
Dimensi Mixer	
Bahan Mixer:	Stainless Stell SA-167 grade 11 Type 316
Diameter shell :	1,776 m
Tinggi shell :	1,776 m
Volume shell :	4,394 m ³
Volume head :	0,126 m ³
Volume Mixer :	4,646 m ³
Tinggi Mixer :	2,501 m
Tinggi head (OA) :	0,363 m
Tebal shell :	0,250 in
Tebal head :	0,188 in
Jaket pendingin	
Tipe :	Jacket vessel
Luas Perpindahan Panas :	7,48 m ²
Panjang :	2,90 m
Diameter Jaket :	1,98 m
Tebal Jaket :	0,01 m

3.3.7. Rotary Drum Vakum Filter

Tabel 3.7 Spesifikasi Rotary Drum Vakum Filter

Kode :	RDVF-01
Fungsi :	Untuk memisahkan padatan dan filtrat
Jumlah :	1 unit
Jenis :	Rotary Drum Vakuum Filter
Kondisi Operasi	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	30 °C
Dimensi Rotary Drum Vakum Filter	
Bahan Filter :	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Diameter Filter :	0,926 m
Panjang Filter :	1,853 m
Luas Permukaan Filter :	1,248 m ²
Kecepatan Putar	8,227 rpm
Power Blower	5 Hp

3.3.8. Rotary Dryer

Tabel 3.8 Spesifikasi Rotary Dryer

Kode :	RD-01
Fungsi :	Mengurangi kadar cairan yang terikat pada hasil padatan CaSiO ₃
Jenis :	<i>Radial flight with a 45o lip C</i>
Bahan Kontruksi :	<i>Stainless Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	150 °C

Lanjutan Tabel 3.8 Spesifikasi *Rotary Dryer*

Dimensi		
Diameter :	3,135 m	123,432 in
Panjang :	31,140 m	1225,970 in

3.3.9. Cyclone

Tabel 3.9 Spesifikasi *Cyclone*

Kode :	CY-01	
Fungsi :	Memisahkan material padatan dengan komponen gas dari rotary dryer.	
Jenis Bahan :	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	
Jumlah :	1 unit	
Kondisi Operasi		
Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30 °C	
Dimensi		
Diameter :	298,107 mm	
Tinggi :	1192,426 mm	

3.3.10. Alat Penyimpanan

Tabel 3.10 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Batu Kapur

Gudang Penyimpanan	
Fungsi :	Untuk Menyimpan Batu kapur
Kapasitas :	185,08 m ³
Jumlah :	1 unit

Lanjutan Tabel 3.10 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Batu Kapur

Dimensi	
Panjang :	7,90 m
Lebar :	3,95 m
Tinggi :	5,92 m

Tabel 3.11 Spesifikasi Silo

Kode :	S-01	S-02	S-03
Fungsi :	Menyimpan Bahan Baku SiO ₂ pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 7 hari.	Menyimpan Bahan Baku CaCO ₃ pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 7 hari	Menyimpan Produk CaSiO ₃ pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 7 hari
Jenis Tangki :	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Jenis Bahan :	<i>Stainless Steel SA-167 type 309</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 309</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 309</i>
Kondisi			
Tekanan :	1 atm	1 atm	1 atm
Temperatur :	30 °C	30 °C	30 °C

Lanjutan Tabel 3.11 *Spesifikasi Silo*

Dimensi Operasi			
Diameter :	4,25 m	4,5252 m	2,5866
Tinggi :	10,6 m	11,3129 m	6,4664
Tebal :	0,37 in	0,3750 in	0,3750
Volume Tangki :	124,27 m ³	149,0564 m ³	27,8360
Waktu Penyimpan :	7 Hari	7 Hari	7 Hari
Jumlah :	1 Unit	1 Unit	1 Unit

Tabel 3.12 *Spesifikasi Tangki Asam Sitrat*

Tangki Penyimpanan	
Fungsi :	Untuk Menyimpan asam sitrat
Bahan Konstruksi :	Stainless Steaal SA-302 grade B
Kapasitas :	1.935 kg/jam
Jumlah :	1
Dimensi	
Diameter :	30 ft
Tinggi :	48 ft

3.3.11. Heat Exchanger

Tabel 3.13 Heat Exchanger

Nama	Heater Udara	
Kode	HU-01	
Fungsi	Memanaskan udara sebelum diumpankan ke RD-01	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Bahan Kontruksi	Carbon Steel	
Jumlah	1 unit	
OD	0,75 in	0,020 m
ID	0,58 in	0,014 m
Panjang Tabung	6,00 ft	1,828 m

3.3.12. Blower

Tabel 3.14 Blower

Kode Alat	BL-01	BL-02
Fungsi :	Menghisap udara untuk diumpankan ke dalam rotary cooler	Menghisap udara untuk diumpankan ke dalam rotary dryer
Jenis :	Centrifugal blower	Centrifugal blower
Jumlah :	1	1
Laju Udara :	9096,6995 ft ³ /min	29834,37 ft ³ /min

Lanjutan Tabel 3.14 Blower

Tekanan :	3,5 psia	3,5 psia
Power	1 hp	1 hp

3.3.13. Transportasi

Tabel 3.15 Spesifikasi *Belt Conveyor* Utilitas

Parameter	BC-01	BC-02	BC-03	BC-04	BC-05
Fungsi	Mengangkut pasir silika dari Silo (S-02) ke Mixer (M-01)	Mengangkut CaCO ₃ atau batu kapur dari Gudang (G-01) menuju Hammer Mill (HM-01)	Mengangkut serbuk CaCO ₃ dari Hammer Mill (HM-01) menuju Bucket Elevator (BE-02)	Mengangkut serbuk CaCO ₃ dari Silo (S-01) menuju Mixer (M-01)	Mengangkut padatan dari Rotary Dryer (RD-01) menuju Bucket Elevator (BE-4)
Jenis	Troughed belt on 20o	Troughed belt on 20o	Troughed belt on 20o	Troughed belt on 20o	Troughed belt on 20o
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 305	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 306	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 307	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 308
Spesifikasi					
Kapasitas (Ton/Jam)	32	32	32	32	32
Panjang (m)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05
Lebar (m)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Lanjutan Tabel 3.15 Spesifikasi *Belt Conveyor* Utilitas

Kecepatan (m/min)	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5
Daya (hp)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34

Tabel 3.16 Spesifikasi *Bucket Elevator* Utilitas

Parameter	BE-01	BE-02	BE-03	BE-04
Fungsi	Mengangkut pasir silika dari Screw Conveyor (SC-01) menuju Reaktor (R-01)	Mengangkut padatan dari Belt Conveyor (BC-03) menuju Silo (S-01)	Mengangkut padatan dari Screw Conveyor (SC-03) menuju Mixer (M-02)	Mengangkut padatan bahan dari Belt Conveyor (BC-05) menuju Silo produk (S-03)
Jenis	Centrifugal Discharge Bucket	Centrifugal Discharge Bucket	Centrifugal Discharge Bucket	Centrifugal Discharge Bucket
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA-283 Grade C	Carbon Steel SA-283 Grade C	Carbon Steel SA-283 Grade C	Carbon Steel SA-283 Grade C
Kapasitas (Ton/jam)	14	14	14	14
Dimensi Bucket(in)	Panjang	6	6	6
	Lebar	4	4	4
	Tinggi	4,25	4,25	4,25

Lanjutan Tabel 3.16 Spesifikasi *Bucket Elevator* Utilitas

Bucket Spacing (in)	12	12	12	12
Kecepatan (ft/menit)	225	225	225	225
Power motor (HP)	1	1	1	1

Tabel 3.17 Spesifikasi Screw Conveyor

Parameter	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
Fungsi	Mengangkut padatan dari Mixer (M-01) menuju Bucket elevator (BE-01)	Mengangkut padatan dari Reaktor (R-01) menuju Rotary Cooler (RC-01)	Mengangkut padatan dari Vibrating Screen (VS-01) menuju Mixer (M-02)	Mengangkut padatan dari Centrifuge (CF-01) menuju Rotary Drum (RDVF-01)
Jenis	Vertical spiral screw conveyor	Spiral flight screw conveyor	Vertical spiral screw conveyor	Spiral flight screw conveyor
Bahan Konstruksi	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel
Spesifikasi				
Kapasitas (Ton/Jam)	3,971	2,948	2,948	2,409
Panjang (m)	4,572	4,572	4,572	4,572
Diameter Screw (in)	9	9	9	9
Kecepatan motor (rpm)	40	40	40	40
Daya (hp)	0,50	0,50	0,50	0,50
Jumlah Bucket	1	1	1	1

Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Memompa Asam sitrat Menuju Mixer (M-02)	Memompa Air Pencuci menuju RDVF-01	Memompa Slurry dari Mixer (M-02) Menuju Centrifuge	Memompa filtrat dari RDVF-01 menuju UPL
Jenis	Centrifugal pump, Mixed flow impellers	Centrifugal pump, Mixed flow impellers	Centrifugal pump, Mixed flow impellers	Centrifugal pump, Mixed flow impellers
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304
Viskositas (cP)	1,123	0,791	1,123	0,816
Kapasitas (m ³ /jam)	6,300	9,421	3,180	4,736
Pump Head (m)	1,1493	1,1875	1,1089	1,0844
Suhu Fluida (°C)	30	30	30	30
Daya Motor (HP)	0,5	1,5	0,33	2

3.4. Neraca Massa

3.4.1. Neraca Massa Total

Tabel 3.19 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk, kg/jam				Keluar, kg/jam				
	F1	F3	F10	F12	F5	F14	F18	F15	F17
CaCO ₃	2638,400					480,624		24,790	0,506
SiO ₂		2374,560				1062,432			
MgCO ₃	8,160							7,997	0,163
Fe ₂ O ₃	0,272	2,448						2,666	0,054
Al ₂ O ₃	2,448	7,344						9,596	0,196
CaSiO ₃								2437,425	49,743
CO ₂					957,440				
H ₂ O	70,720	63,648		16216,384	134,368	15405,565	793,387	17,433	
C ₆ H ₈ O ₇			4032,000			4032,000			
SubTotal	2720,000	2448,000	4032,000	16216,384	1091,808	20980,621	793,387	2499,906	50,663
Total	25416,384				25416,384				

3.4.2. Neraca Massa Alat

1. *Hammer Mill (HM-01)*

Tabel 3.20 Neraca Massa *Hammer Mill (HM-01)*

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
	F1	F2
CaCO ₃	2638,400	2638,400
MgCO ₃	8,160	8,160
Fe ₂ O ₃	0,272	0,272
Al ₂ O ₃	2,448	2,448
H ₂ O	70,720	70,720
SubTotal	2720,000	2720,000
Total	2720,000	2720,000

2. *Mixer Ribbon (M-01)*

Tabel 3.21 Neraca Massa *Mixer Reborn (M-01)*

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	F2	F3	F4
CaCO ₃	2638,400		2638,400
SiO ₂		2374,560	2374,560
MgCO ₃	8,160		8,160
Fe ₂ O ₃	0,272	2,448	2,720
Al ₂ O ₃	2,448	7,344	9,792

Lanjutan Tabel 3.21 Neraca Massa Mixer Reborn (M-01)

H ₂ O	70,720	63,648	134,368
SubTotal	2720,000	2448,000	5168,000
Total	5168,000		5168,000

3. Reaktor (R-01)

Tabel 3.22 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	F4	F5	F6
CaCO ₃	2638,400		505,920
SiO ₂	2374,560		1062,432
CaSiO ₃			2487,168
CO ₂		957,440	
MgCO ₃	8,160		8,160
Fe ₂ O ₃	2,720		2,720
Al ₂ O ₃	9,792		9,792
H ₂ O	134,368	134,368	
SubTotal	5168,000	1091,808	4076,192
Total	5168,000	5168,000	

4. Rotary Cooler (RC-01)

Tabel 3.23 Neraca Massa *Rotary Cooler* (RC-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
	F6	F7
CaO	505,920	505,920
SiO ₂	1062,432	1062,432
CaSiO ₃	2487,168	2487,168
MgCO ₃	8,160	8,160
Fe ₂ O ₃	2,720	2,720
Al ₂ O ₃	9,792	9,792
SubTotal	4076,192	4076,192
Total	4076,192	4076,192

5. Ball Mill (BM-01)

Tabel 3.24 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
	F7	F8
CaO	505,920	505,920
SiO ₂	1062,432	1062,432
CaSiO ₃	2487,168	2487,168
MgCO ₃	8,160	8,160
Fe ₂ O ₃	2,720	2,720
Al ₂ O ₃	9,792	9,792

Lanjutan Tabel 3.24 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-01)

SubTotal	4076,192	4076,192
Total	4076,192	4076,192

6. *Vibrating Screen* (VS-01)

Tabel 3.25 Neraca Massa *Vibrating Screen* (VS-01)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	F8		F9
CaO	505,920		505,920
SiO ₂	1062,432		1062,432
CaSiO ₃	2487,168		2487,168
MgCO ₃	8,160		8,160
Fe ₂ O ₃	2,720		2,720
Al ₂ O ₃	9,792		9,792
SubTotal	4076,192		4076,192
Total	4076,192		4076,192

7. *Mixer* (M-02)

Tabel 3.26 Neraca Massa *Mixer* (M-02)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	F9	F10	F11
CaO	505,920	0,000	505,920
SiO ₂	1062,432	0,000	1062,432

Lanjutan Tabel 3.26 Neraca Massa *Mixer* (M-02)

CaSiO ₃	2487,168	0,000	2487,168
MgCO ₃	8,160	0,000	8,160
Fe ₂ O ₃	2,720	0,000	2,720
Al ₂ O ₃	9,792	0,000	9,792
C ₆ H ₈ O ₇	0,000	4032,000	4032,000
SubTotal	4076,192	4032,000	8108,192
Total	8108,192		8108,192

8. Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-01)

Tabel 3.27 Neraca Massa *Rotary Drum Vakum Filter* (RDVF-01)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam	
	F11	F12	F13	F14
CaO	505,920	0,000	25,296	480,624
Sio ₂	1062,432	0,000	0,000	1062,432
CaSiO ₃	2487,168	0,000	2487,168	0,000
MgCO ₃	8,160	0,000	8,160	0,000
Fe ₂ O ₃	2,720	0,000	2,720	0,000
Al ₂ O ₃	9,792	0,000	9,792	0,000
C ₆ H ₈ O ₇	4032,000	0,000	0,000	4032,000
H ₂ O	0,000	16216,384	810,819	15405,565
Subtotal	8108,192	16216,384	3343,955	20980,621
Total	24324,576		24324,576	

9. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3.28 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	F13	F15	F16
CaO	25,296	24,790	0,506
CaSiO ₃	2487,168	2437,425	49,743
MgCO ₃	8,160	7,997	0,163
Fe ₂ O ₃	2,720	2,666	0,054
Al ₂ O ₃	9,792	9,596	0,196
H ₂ O	810,819	17,433	793,387
SubTotal	3343,955	2499,906	844,049
Total	3343,955	3343,955	

10. Cyclone (CY-01)

Tabel 3.29 Neraca Massa Cyclone (CY-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	F16	F17	F18
CaO	0,506	0,506	0,000
CaSiO ₃	49,743	49,743	0,000
MgCO ₃	0,163	0,163	0,000
Fe ₂ O ₃	0,054	0,054	0,000
Al ₂ O ₃	0,196	0,196	0,000

Lanjutan Tabel 3.29 Neraca Massa *Cyclone* (CY-01)

H ₂ O	793,387	0,000	793,387
SubTotal	844,049	50,663	793,387
Total	844,049	844,049	

11. Silo Produk (S-03)

Tabel 3.30 Neraca Massa Silo Produk

Komponen	Masuk, kg/jam	
	F15	F17
CaO	24,790	0,506
CaCO ₃	2437,425	49,743
MgCO ₃	7,997	0,163
Fe ₂ O ₃	2,666	0,054
Al ₂ O ₃	9,596	0,196
H ₂ O	17,433	0,000
SubTotal	2475,116	50,157
Total	2525,3	

3.5. Neraca Panas

1. *Hammer Mill* (HM-01)

Tabel 3.31 Neraca Energi *Hammer Mill* (HM-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	232189283,1	
Q out		232189283,1
Total	232189283,1	232189283,1

2. *Mixer Ribbon* (M-01)

Tabel 3.32 Neraca Energi *Mixer Ribbon* (M-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	616644785,1	
Q out		616644785,1
Total	616644785,1	616644785,1

3. *Reaktor* (R-01)

Tabel 3.33 Neraca Energi *Reaktor* (R-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	227995957,60	
Q out		585958747543,07
Q pemanas		-318111035838065
Q reaksi	-317525305086480	
Total	-317525077090522	-317525077090522

4. *Rotary Cooler (RC-01)*

Tabel 3.34 Neraca Energi *Rotary Cooler (RC-01)*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	586194589579,20	
Q out		942246592,40
Q pendingin		585252342986,80
Total	586194589579,20	586194589579,20

5. *Ball Mill (BM-01)*

Tabel 3.35 Neraca Energi *Ball Mill (BM-01)*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	1740895616	
Q out		1740895616
Total	1740895616	1740895616

6. *Vibrating Screen (VS-01)*

Tabel 3.36 Neraca Energi *Vibrating Screen (VS-01)*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	1740895616	
Q out		1740895616
Total	1740895616	1740895616

7. Rotary Drum Vakum Filter

Tabel 3.37 Neraca Energi *Rotary Drum Vakum Filter* (RDVF-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	1005477647,2	
Q out		1005477647,2
Total	1005477647,2	1005477647,2

8. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3.38 Neraca Energi *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	18423648,29	
Q out		21092149,58
Q Pemanas	5052105,616	2490601,237
Panas Hilang		106996
Total	23475753,9	23475753,9

9. Cyclone (CF-01)

Tabel 3.39 Neraca Energi *Cyclone* (CF-01)

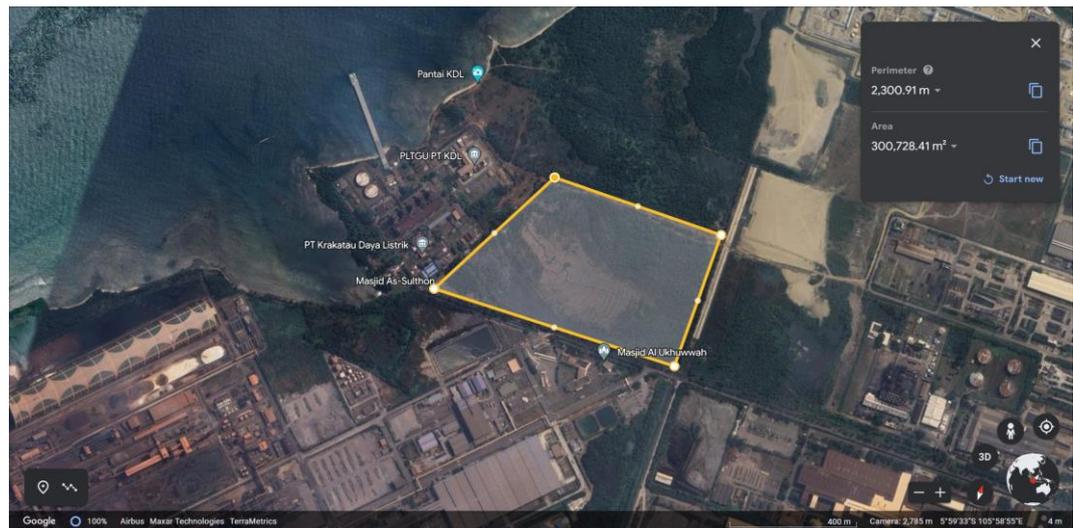
Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q in	27201497,59	
Q out		27201497,59
Total	27201497,59	27201497,59

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik (*Plant Location*)

Penentuan lokasi dalam mendirikan pabrik adalah hal yang penting untuk dipertimbangkan. Tujuan ini menyangkut kelangsungan pabrik baik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi, distribusi dan pemasaran. Ada beberapa aspek yang menjadi dalam penentuan dan pemilihan lokasi mendirikan pabrik yang diantaranya adalah ketersediaan bahan baku, transportasi, pemasaran, lingkungan disekitar pabrik, sarana di sekitar pabrik, dan sebagainya. Pabrik kalsium silikat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di kota Cilegon, Banten. Lokasi pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan Bahan Baku

Kebutuhan bahan baku merupakan kebutuhan utama untuk keberlangsungan pabrik dan sangatlah penting. Dalam menentukan

lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku untuk meminimalkan biaya transportasi bahan baku yang besar. Dimana bahan baku kalsium korbanat atau batu kapur akan didapatkan dari PT. Sukses Agro Kampar yang berasal dari Jakarta Utara, dan untuk pasir silika akan didapatkan dari PT. Silicaindo Makmursentosa dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun berasal dari Tangerang, Banten.

b. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik didirikan di wilayah yang membutuhkan kalsium silikat sebagai bahan baku utama maupun pendukung. Kota Cilegon merupakan lokasi yang strategis dalam pemasaran produk karena lokasinya yang berada dikawasan industry di Pulau Jawa.

c. Utilitas

Utilitas adalah hal yang penting dalam proses produksi pabrik, karena sebagai sarana pendukung proses. Diantara sarana utilitas adalah air, listrik, bahan bakar, dan lain-lain. Oleh sebab itu, lokasi pabrik yang berdekatan dengan ketersediaan sarana utilitas sangat amat menguntungkan. Pada pabrik ini air dapat di peroleh dari PT. Kratau tirta. Kebutuhan listrik di peroleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), apabila terjadi gangguan dapat memanfaatkan generator cadangan. Sementara, kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT. Pertamina Persero.

d. Transportasi

Salah satu faktor penting yaitu transportasi untuk memilih lokasi pabrik karena memerlukan penyediaan bahan baku, pemasaran dan pengangkutan produk. Kota Cilegon merupakan kota yang strategis dalam segi transportasi karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Tangerang, Cikampek, dan Karawang. Selain itu Cilegon juga dekat

dengan Pelabuhan Merak yang berada di Kota Cilegon dan Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta sehingga memudahkan pendistribusian produk.

e. Tenaga Kerja

Mendirikan suatu pabrik di daerah tentu saja dapat membuka lapangan pekerjaan yang luas dan memadai untuk masyarakat sekitar. Namun, kebutuhan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas menjadi hal yang paling utama agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan baik. Kota Cilegon terletak di Pulau Jawa dimana lokasi ini terdapat kampus-kampus berkualitas, sehingga lulusan-lulusan terbaik dari kampus tersebut dapat direkrut untuk menjadi karyawan.

f. Keadaan Iklim dan Tanah

Kota Cilegon, Banten memiliki iklim tropis. Sebab itu keadaan iklim, tanah, dan cuaca relatif stabil dan tidak ekstrim. Suhu udara normal sekitar 24-33 °C, dan operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Perluasan Pabrik

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi meningkatnya permintaan produk yang dihasilkan. Maka dari itu, memilih lokasi dalam mendirikan pabrik harus berada di daerah yang memadai dan cukup. Dalam hal ini pemilihan lokasi pabrik berada di Cilegon masih memenuhi standar perluasan pabrik, karena Cilegon masih mempunyai lahan kosong yang luas yang terletak di pinggiran kota dekat laut.

b. Perizinan Tanah

Untuk saat ini di Cilegon banyak dijadikan sebagai daerah kawasan industri. Sehingga dapat mempermudah perizinan dalam pendirian industri pabrik.

c. Lingkungan Masyarakat

Sikap masyarakat Cilegon cukup terbuka dengan adanya pendirian industri pabrik. Dikarenakan adanya pendirian industri maka membuka lapangan pekerjaan yang meluas untuk masyarakat sekitar dan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat secara menyeluruh.

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau plant layout merupakan tempat kedudukan dari keseluruhan bagian yang ada di pabrik. Tata letak pabrik berisi tempat perkantoran atau administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung proses, fasilitas karyawan serta tempat lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik. Dalam merancang tata letak pabrik haruslah dirancang dengan baik agar kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien dan optimal dari segi ekonomi, misalnya lalu lintas barang dan akses karyawan. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting oleh karena itu penempatan alat-alat produksi harus ditata sebaik mungkin agar keamanan dan kenyamanan karyawan selama bekerja dapat terjamin. Menurut Peter dan Timmerhaus tahun 2004 mengatakan bahwa perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki beberapa keuntungan yaitu :

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan.

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut.

4.2.1. Perkantoran atau administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta tempat yang mengurus urusan dengan pihak luar dan pihak dalam perusahaan sendiri. Daerah ini biasanya berada dibagian depan area pabrik.

4.2.2. Proses

Daerah proses merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (controll room). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

4.2.3. Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

4.2.4. Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/mess, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

4.2.5. Keamanan

Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

4.2.6. Pengolahan Limbah

Dalam mendirikan suatu pabrik harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Oleh sebab itu perlu adanya tempat khusus yang dapat dipergunakan untuk tempat pengolahan limbah yang tidak mencemari atau merusak lingkungan sekitar. Limbah hasil produksi dapat mengalami pengolahan dan pengujian yang lebih lanjut agar memastikan batas komponen yang berbahaya yang terkandung sehingga aman apabila dibuang ke lingkungan.

4.2.7. Perluasan

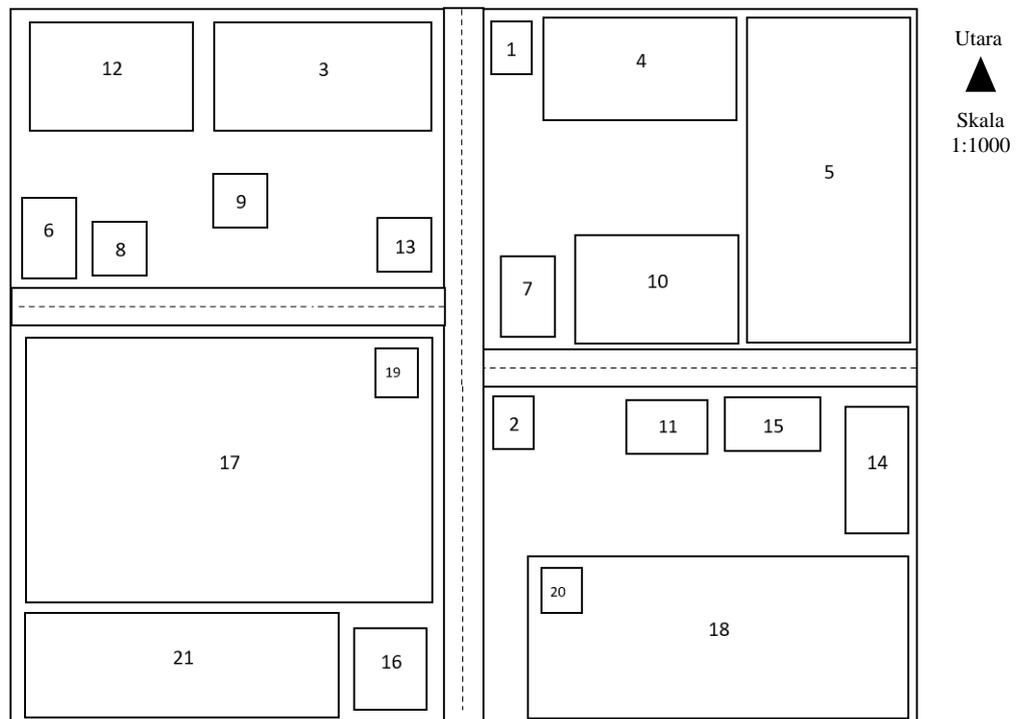
Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang. Rincian luas pabrik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan data tata letak pabrik (*plant layout*) dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Rencana Rincian Luas Tanah dan Bangunan

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos keamanan 1	3	3	9
2	Pos Keamanan 2	3	3	9
3	Kantor utama/administrasi	40	20	800
4	Parkir karyawan	40	20	800
5	Parkir Truk	40	50	2000
6	Kantin	30	20	600
7	Masjid	10	15	150
8	Poliklinik	10	10	100
9	Taman 1	30	20	600
10	Fasilitas Olahraga	50	10	500

Lanjutan Tabel 4.1 Rencana Rincian Luas Tanah dan Bangunan

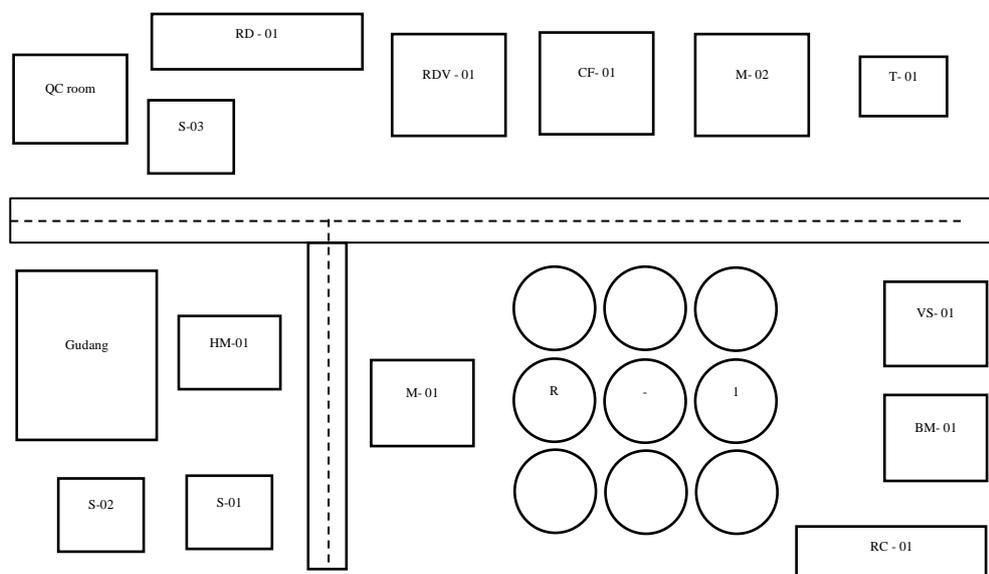
11	Laboratorium	10	15	150
12	Gedung serbaguna	30	20	600
13	Kantor teknik dan produksi	10	10	100
14	Unit pemadam kebakaran	10	15	150
15	Bengkel	10	20	200
16	Unit pengolahan limbah	15	15	225
17	Area proses	80	50	4000
18	Area utilitas	30	70	2100
19	Ruang kendali proses	10	5	50
20	Ruang kendali utilitas	10	5	50
21	Area perluasan	60	20	1200
22	Jalan	80	40	3200
Luas tanah				17.593
Luas bangunan				13.193
Sisa tanah				30.786



Gambar 4.2 Denah Pabrik

4.3. Tata Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak alat proses atau machines layout merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Selain itu, hal ini menjadi penting karena berkaitan dengan keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan selama bekerja. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut.



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.3.1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan.

4.3.2. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Penempatan tata letak alat proses yang tepat dan dapat meminimalisir biaya operasi dan dapat menguntungkan secara ekonomi, tetapi tetap memprioritaskan aspek keselamatan dan keamanan.

4.3.3. Aliran Udara

Sirkulasi udara di dalam dan sekitar area proses harus dipastikan kelancarannya. Sirkulasi udara yang lancar diperlukan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu menjadi perhatian.

4.3.4. Pencahayaan

Pencahayaan atau penerangan di seluruh area pabrik harus memadai terutama pada malam hari karena pabrik bekerja selama 24 jam dalam sehari. Selain itu, pada tempat-tempat tertentu dimana terdapat alat-alat proses yang mempunyai risiko akan bahaya yang tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

4.3.5. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Lalu lintas manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

4.3.6. Jarak Antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada

suhu dan tekanan yang tinggi. Alat-alat tersebut harus ditempatkan di lokasi khusus yang terpisah dari alat-alat proses yang lain. Hal ini bertujuan agar apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak langsung membahayakan alat-alat yang lain.

4.3.7. Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang tepat dan optimum diharapkan dapat meminimalisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Organisasi

Dalam merancang pabrik, perlu membentuk dari perusahaan tersebut. Karena dapat mempengaruhi proses manajemen organisasi yang baik. Untuk membentuk struktur yang baik sangat diperlukan. Untuk pembagian tanggung jawab, wewenang, dan pembagian tugas yang jelas agar tidak terjadi hal yang merugikan dan mengakibatkan hasil pabrik tersebut. Untuk meninjau dari badan hukum, bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian, yakni:

1. Perusahaan Perseorangan adalah modal yang dimiliki oleh satu orang bertanggungjawab terhadap kesuksesan perusahaan.
2. Persekutuan Firma adalah modal yang dikumpulkan dari dua orang atau lebih dan memiliki tanggungjawab perusahaan berdasarkan surat perjanjian dari aknotaris.
3. Persekutuan Komanditer yang kerap disebut CV adalah terdiri dari dua orang atau lebih yang memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan), dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modal dan bertanggung jawab

sebatas modal yang dimasukkan saja).

4. Perseroan Terbatas (PT) adalah modal yang dihasilkan dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan dan yang memiliki tanggung jawab penuh adalah pemegang saham sebesar modal yang dimiliki.

Dengan beberapa pertimbangan aspek, pabrik kalsium silikat akan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) adalah perusahaan yang menghasilkan modal dari penjualan saham yang dimana setiap sekutu turut serta untuk mengambil sebagian saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan tersebut dan orang yang mempunyai saham telah menyetorkan modalnya ke perusahaan dan ikut memiliki perusahaan. Berikut adalah pertimbangan dalam memilih bentuk perusahaan tersebut sebagai berikut :

1. Modal dihasilkan dari menjualkan saham yang tersebar di masyarakat atau institusi.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, dan untuk kelancaran produksi diambil alih oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah. Pemilik Perusahaan adalah pemegang saham dan Pengurus Perusahaan adalah direksi staf yang diketahui oleh Dewan Komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan dapat terjamin dan tidak ada pengaruh dengan pemberhentian pemegang saham, direksi beserta staf atau karyawannya.
5. Efisiensi dan manajemen di pemegang saham dapat dipilih orang yang ahli dibidang Dewan Komisaris dan Direktur yang cukup berpengalaman.
6. Lapangan usaha yang lebih luas. Dalam Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat, sehingga

modal di Perseroan Terbatas dapat memperluas usahanya.

7. Memiliki badan usaha yang mempunyai kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
8. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
9. Mudah bergerak di pasar global.

4.4.2. Struktur Organisasi

Untuk menjalankan aktivitas di perusahaan yang efektif dan efisien, diperlukan struktur organisasi. Struktur organisasi yang jelas dan sistematis sangat diperlukan di perusahaan agar karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Setiap perusahaan bisa saja memiliki struktur organisasi yang berbeda, tergantung pada kebutuhan masing-masing.

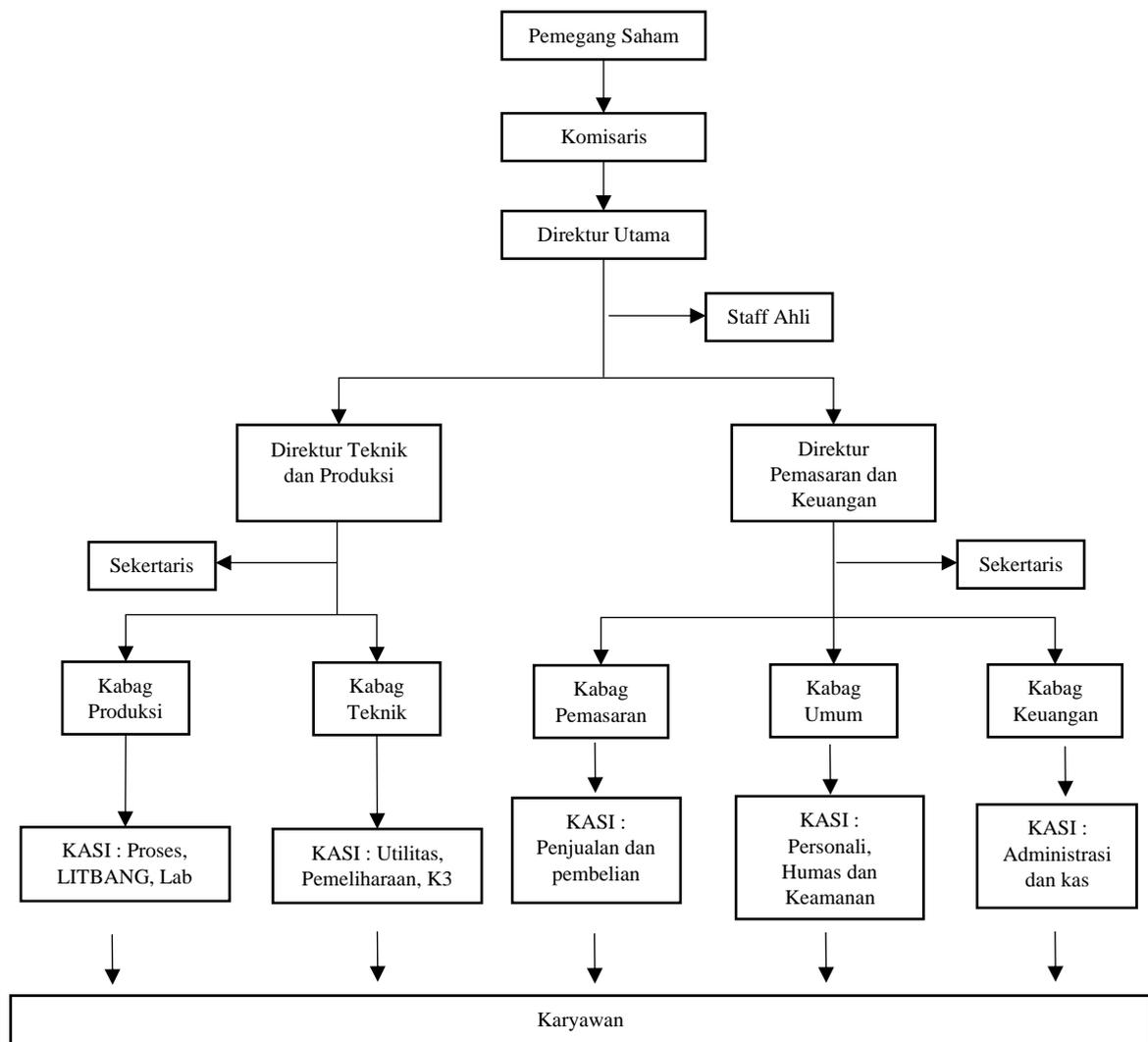
Pada pabrik kalsium silikat ini mempunyai struktur organisasi yang dapat dipilih adalah sistem *line* dan *staff*. Kelebihan dalam sistem ini adalah garis tujuh puluh delapan kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Dan dalam pembagian tugas, seperti mendapat sistem organisasi fungsional, dimana seorang karyawan bertanggung jawab di atasan saja. Dan dalam menjalankan organisasi, ada dua kelompok yang mempengaruhi sistem, yakni:

1. Sebagai garis adalah orang yang melakukan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai staf adalah orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahlian di bidangnya dan mempunyai peran untuk memberikan saran kepada unit operasional.

Untuk menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang memiliki perusahaan diwakilkan oleh Dewan Komisaris, sedangkan

tugas menjalankan perusahaan dilakukan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur dibawahnya. Dewan komisaris ataupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang mempunyai kekuasaan tertinggi didalam perusahaan.

4.4.3. Tugas dan Wewenang



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah orang mengumpulkan modal untuk perusahaan dan menjalankan operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi di perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Tugas dan wewenang RUPS adalah sebagai berikut:

- a) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b) Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c) Mengesahkan hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris adalah pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan mempunyai tanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris:

- a) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b) Mengawasi tugas direktur.
- c) Membantu direktur dalam tugas yang penting.

3. Dewan Direktur

Direktur Utama adalah pimpinan tertinggi di dalam suatu perusahaan dan mempunyai tanggung jawab terhadap proses perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala kebijakan dan tindakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Tugas Direktur Utama sebagai berikut:

- a) Melaksanakan kebijakan perusahaan dan bertanggung jawab pekerjaan secara berkala atau di masa akhir pekerjaan pada

pemegang saham.

- b) Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
- c) Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan hasil persetujuan rapat pemegang saham.
- d) Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (Direktur Produksi) dan bagian keuangan dan umum (Direktur Keuangan dan Umum). Direktur Utama terbagi oleh dua direktur yakni:

a. Direktur Produksi

Tugas dari Direktur Produksi sebagai berikut:

- a) Bertanggungjawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, teknik, dan rekayasa produksi.
- b) Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum sebagai berikut:

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang pemasaran, keuangan, dan pelayanan umum.
- b) Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang memiliki tugas untuk membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli mempunyai tanggung jawab terhadap Direktur Utama sesuai dengan

bidang masing-masing. Tugas dan wewenang Staf Ahli sebagai berikut:

- a) Memberikan nasihat dan saran dalam merencanakan pengembangan perusahaan.
- b) Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan.
- c) Memberikan saran dalam bidang hukum.
- d) Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- e) Mempertinggi efisiensi kerja

5. Kepala Bagian

Kepala bagian mempunyai tugas sebagai mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat bertindak sebagai Staf Direktur. Kepala bagian mempunyai tanggung jawab kepada Direktur Utama. Kepala Bagian ada beberapabagian sebagai berikut:

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi di bidang mutu dan kelancaran produksi dan mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Produksi membawahi.

Seksi Proses

Tugas Seksi Proses:

- a) Mengawasi jalannya proses produksi.
- b) Menjalankan tindakan seperlunya terhadap kejadian-kejadian yang tidak diharapkan sebelum diambil alih oleh seksi yang berwenang.

Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium:

- a) Mengawasi dan menganalisa mutu kualitas bahan baku dan bahanpembantu.
- b) Mengawasi dan menganalisa mutu kualitas produksi.
- c) Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik.
- d) Membuat laporan secara berkala kepada Kepala Bagian Produksi.

Seksi Litbang

Tugas Seksi Penelitian dan pengembangan :

- a) Menyelenggarakan penelitian dan kajian dan menyiapkan rekomendasi perizinan di bidang penelitian dan ilmu pengetahuan teknologi.
- b) Menyelenggarakan fasilitas pelaksanaan kegiatan pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan dan
- c) Mengkoordinir kegiatan yang berhubungan dengan meningkatkan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

b. Kepala Bagian Teknik

Memiliki tanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang peralatan dan utilitas, pemeliharaan, dan k3 serta mengkoordinir kepala- kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Teknik mengawasi sebagai berikut :

Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan sebagai berikut:

- a) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik,
- b) Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas sebagai berikut :

- a) Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, dan tenaga listrik.

Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Tugas Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebagai berikut:

- a) Mengatur, menyediakan, dan mengawasi hal-hal yang memiliki erat kaitannya dengan keselamatan kerja.
- b) Melindungi pabrik dari bahaya kebakaran.

c. Kepala Bagian Keuangan

Memiliki tanggung jawab terhadap Direktur Keuangan dan Umum dalam pengelolaan keuangan, anggaran, administrasi perusahaan, dan pengeluaran sesuai dengan anggaran perusahaan. Kepala Bagian Keuangan mempunyai bawahan sebagai berikut :

Seksi Administrasi

Tugas Seksi Administrasi sebagai berikut:

- a) Menyediakan sarana administrasi dan kebutuhan dana.
- b) Menyediakan fasilitas kebutuhan sumber daya manusia sesuai hak.
- c) Mengatur administrasi perkantoran.
- d) Mengendalikan dokumen administrasi dan keuangan.

Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian sebagai berikut :

- a) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- b) Mengetahui harga pemasaran dan kualitas mutu bahan baku.
- c) Mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gedung.

d. Kepala Bagian Umum

Memiliki tanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam mengatur hubungan antara perusahaan dengan karyawan maupun konsumen, serta menjaga keamanan baik internal dan eksternal yang berkaitan dengan perusahaan. Dalam melaksanakannya, Kepala Bagian Umum mempunyai bawahan sebagai berikut :

Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia sebagai berikut :

- a) Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja

sebaik mungkin antara pekerja, pekerjaan, dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.

- b) Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.
- c) Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

Seksi Hubungan Masyarakat

Tugas Seksi Hubungan Masyarakat sebagai berikut :

- a) Menganalisa informasi atau opini masyarakat dan konsumen dalam kepuasan produk.
- b) Mengelola komunikasi internal dan eksternal lingkungan perusahaan.
- c) Menyiapkan hal yang memiliki hubungan dengan publikasi.

Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan sebagai berikut:

- a) Mengawasi keluar masuknya manusia, baik karyawan maupun bukannya karyawan.
- b) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan.
- c) Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang memiliki hubungan dengan perusahaan.

6. Kepala Seksi

Kepala Seksi adalah pekerjaan di dalam lingkungannya sesuai dengan bidang yang diatur oleh kepala bagian masing-masing agar dihasilkan hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya

masa produksi. Setiap kepala seksi mempunyai tanggung jawab kepada bagian masing-masing sesuai dengan seksinya. Berdasarkan bidangnya, kepala seksi terdiri sebagai berikut:

- Kepala Seksi Proses
- Kepala Seksi Laboratorium
- Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan
- Kepala Seksi Utilitas
- Kepala Seksi Pemeliharaan
- Kepala Seksi Keselamatan, dan Kesehatan Kerja
- Kepala Seksi Administrasi
- Kepala Seksi Keuangan atau Anggaran
- Kepala Seksi Pembelian
- Kepala Seksi Hubungan Masyarakat
- Kepala Seksi Keamanan
- Kepala Seksi Personalia
- Kepala Seksi Penjualan

4.4.4. Status Kerja Karyawan

Status kerja karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Berikut golongan status kerja karyawan sebagai berikut :

- Karyawan Tetap
Adalah yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapatkan gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.
- Karyawan Harian
Adalah yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.
- Karyawan Borongan

Adalah yang digunakan oleh pabrik atau perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima sistem upah borongan untuk semua pekerjaan.

4.4.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik kalsium silikat yang akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari tidak termasuk hari libur dipergunakan untuk perawatan atau shut down. Sedangkan hari sabtu, minggu, dan hari besar libur. Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksi dan kegiatan administrasi dan pemasaran adanya pembagian jam kerja yang diatur secara efektif dan efisien. Berdasarkan jam kerja karyawan di perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu :

a. Karyawan Non-Shift

Karyawan non-shift adalah karyawan yang tidak memiliki tanggung jawab secara proses produksi. Karyawan non-shift meliputi jajaran direksi, kepala bagian, kepala seksi, serta jabatan yang dibawahnya yang bekerja di kantor. Karyawan non- shift bekerja selama 5 hari sama dengan ketentuan jam sebagai berikut :

Jam kerja	: Senin-Jumat pukul 08.00 - 16.00
Jam istirahat	: Senin-Kamis pukul 12.00 - 13.00
	Jumat pukul 11.00 - 13.00
	Sabtu dan Minggu : Libur termasuk hari besar.

b. Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang bertanggung jawab secara langsung dalam memproduksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang memiliki hubungan dengan keamanan dan

kegiatan produksi. Sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan beberapa bagian lain harus siaga demi keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan shift bekerja sama dengan ketentuan jam sebagai berikut :

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 23.00

Shift III : 24.00 - 08.00

Jam kerja shift berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian shift setiap hari kerja sekali. Karyawan shift bekerja dengan sistem 3 hari kerja dan 1 hari libur. Hari Minggu dan libur hari besar semua karyawan shift tidak libur. Tetapi, karyawan memiliki hak jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Pembagian shift dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran shift sedangkan 1 regu libur.

Jadwal kerja dibagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Setiap hari ada tiga kelompok kerja, dan satu kelompok libur. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift* :

Tabel 4.2 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

Regu	Hari									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	I	I	I	-	III	III	III	-	II	II
B	II	II	-	I	I	I	-	III	III	III
C	III	-	II	II	II	-	I	I	I	-
D	-	III	III	III	-	II	II	II	-	I
Regu	Hari									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Lanjutan Tabel 4.2 Jadwal Kerja Karyawan Shift

A	II	-	I	I	I	-	III	III	III	-
B	-	II	II	II	-	I	I	I	-	III
C	III	III	III	-	II	II	II	-	I	I
D	I	I	-	III	III	III	I	II	II	II
Regu	Hari									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	II	II	II	-	I	I	I	-	III	III
B	III	III	-	II	II	II	-	I	I	I
C	I	-	III	III	III	-	II	II	II	-
D	-	I	I	I	-	III	III	III	-	II

4.4.6. Jumlah Pekerja, Golongan Pekerja, Sistem Gaji

a. Jumlah Pekerja

Berikut adalah jumlah karyawan yang ada di dalam perusahaan :

Pekerja *Non-shift* :

Tabel 4.3 Jumlah Pekerja *Non-shift*

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Sekretaris Direktur Utama	1
3	Staff Direktur Utama	1
	Direktur	
1	Direktur Teknik dan Produksi	1
2	Staff Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1

Lanjutan Tabel 4.3 Jumlah Pekerja Non-shift

4	Staff Direktur Keuangan dan Pemasaran	1
	Kepala Bagian	
1	Ka. Bag. Proses	1
2	Ka. Bag. Teknik	1
3	Ka. Bag. Pemasaran	1
4	Ka. Bag. Umum	1
5	Ka. Bag. Keuangan	1
No.	Kepala Seksi	
1	Ka. Sek. Proses	1
2	Ka. Sek. Litbang	1
3	Ka. Sek. Laboratorium	
4	Ka. Sek. Utilitas	1
5	Ka. Sek. Pemeliharaan	1
6	Ka. Sek. Kesehatan keselamatan kerja	1
7	Ka. Sek. Penjualan	1
8	Ka. Sek. Pembelian	1
9	Ka. Sek. Personalia	1
10	Ka. Sek. Humas	1
11	Ka. Sek. Keamanan	1
12	Ka. Sek. Administrasi	1
13	Ka. Sek. KAS	1

Pekerja *shift* :

Tabel 4.4 Jumlah Pekerja *shift*

1	Cleaning Service	10
2	Satpam	8
3	Proses dan Utilitas	92
Total		110

b. Golongan Pekerja

Dalam pabrik yang telah berdiri harus ada aturan penggolongan jabatan, karena ini memiliki keterkaitan dengan kelangsungan pabrik untuk bersaing di era pasar. Berikut rincian dalam penggolongan jabatan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rincian penggolongan jabatan

No.	Kepala Seksi	Pendidikan
1	Direktur Utama	S-2
2	Direktur	S-2
3	Kepala Bagian	S-1
4	Kepala Seksi	S-1
5	Staff Ahli	S-1
6	Sekretaris	S-1
7	Dokter	S-1
8	Perawat	D-3/D-4/S-1

Lanjutan Tabel 4.5 Rincian penggolongan jabatan

9	Karyawan	D-3/S-1
10	Supir	SLTA
11	<i>Cleaning Service</i>	SLTA
12	Satpam	SLTA

c. Sistem Gaji

Sistem pembagian gaji dalam perusahaan terbagi menjadi tiga jenis yaitu sebagai berikut:

- Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

- Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang tidak tetap atau buruh harian.

- Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah rincian gaji sesuai dengan jabatan:

Tabel 4.6 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji/bulan
1	Direktur Utama	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
2	Sekretaris Direktur Utama	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000

Lanjutan. Tabel 4.6 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

3	Staff Direktur Utama	1	Rp 17.000.000	Rp 17.000.000
	Direktur			
1	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
2	Staff Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
4	Staff Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
	Kepala Bagian			
1	Ka. Bag. Proses	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
2	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
3	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
4	Ka. Bag. Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
5	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
	Kepala Seksi			
1	Ka. Sek. Proses	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
2	Ka. Sek. Litbang	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
3	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
4	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
5	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
6	Ka. Sek. Kesehatan keselamatan kerja	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
7	Ka. Sek. Penjualan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000

Lanjutan Tabel 4.6 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

8	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
9	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
10	Ka. Sek. Humas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
11	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
12	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
13	Ka. Sek. KAS	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
	Karyawan			
1	Karyawan Personalia	5	Rp 8.500.000	Rp 42.500.000
2	Karyawan UPL	5	Rp 8.500.000	Rp 42.500.000
3	Karyawan Pembelian	5	Rp 8.500.000	Rp 42.500.000
4	Karyawan Pemasaran	5	Rp 8.500.000	Rp 42.500.000
5	Karyawan Administrasi	4	Rp 8.500.000	Rp 34.000.000
6	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp 8.500.000	Rp 34.000.000
7	Karyawan Proses	6	Rp 8.500.000	Rp 51.000.000
8	Karyawan Pengendalian	6	Rp 8.500.000	Rp 51.000.000
9	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp 8.000.000	Rp 48.000.000
10	Karyawan Utilitas	6	Rp 8.000.000	Rp 48.000.000
11	Karyawan K3	7	Rp 7.000.000	Rp 49.000.000
12	Karyawan Keamanan	8	Rp 5.000.000	Rp 40.000.000

Lanjutan Tabel 4.6 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

	Lain - Lain			
1	Dokter	6	Rp 10.000.000	Rp 60.000.000
2	Perawat	5	Rp 8.000.000	Rp 40.000.000
3	Supir	10	Rp 5.000.000	Rp 50.000.000
Total		118		Rp 1.277.000.000

Tabel 4.7 Rincian Gaji Tenaga Kerja *Shift*

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji/bulan
1	Cleaning Service	10	Rp 5.000.000	Rp 50.000.000
2	Satpam	8	Rp 5.000.000	Rp 40.000.000
3	Proses dan Utilitas	92	Rp 6.000.000	Rp 552.000.000
Total		110		Rp 642.000.000

4.4.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang telah diberikan oleh perusahaan kepada karyawan antara lain seperti tunjangan, cuti, seragam kerja, BPJS kesehatan dan ketenagakerjaan.

a. Tunjangan

Tunjangan yang diberikan kepada karyawan adalah sebagai berikut:

- Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

b. Cuti

Hak cuti yang diberikan kepada karyawan adalah sebagai berikut:

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

c. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada karyawan sebanyak 3 pasang untuk setiap tahunnya untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan juga menyediakan masker dan alat pelindung diri (APD) sebagai alat pengaman kerja.

d. BPJS Kesehatan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No. 24 Tahun 2011 BPJS Kesehatan Pasal 5 Ayat 2 Huruf A menyelenggarakan program jaminan kesehatan. Jaminan kesehatan yang diberikan oleh perusahaan adalah sebagai berikut:

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja yang diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

e. BPJS Ketenagakerjaan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No. 24 Tahun 2011 tentang Badan Penyelenggara Jaminan Sosial, BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan 4 program yaitu Program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Hari Tua (JHT), Jaminan Pensiun (JP), dan Jaminan Kematian (JK). Sementara program jaminan kesehatan diselenggarakan oleh BPJS Kesehatan. Berdasarkan UU, pemberi kerja (perusahaan) wajib mendaftarkan seluruh pekerja menjadi peserta BPJS Ketenagakerjaan secara bertahap menurut ketentuan perundang-undangan.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang dalam kelancaran proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi mampu berjalan sesuai yang direncanakan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik kalsium silikat ini, meliputi :

- Unit penyediaan dan pengolahan air (Water Treatment System).
- Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System).
- Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System).
- Unit Penyediaan Udara Tekan (Instrument Air System).
- Unit Penyediaan Bahan Bakar.

5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Unit penyediaan air dan pengolahan air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik.

5.1.1. Unit Penyedia Air

Dalam industri sangatlah dibutuhkan air untuk jalannya proses produksi. Maka pada Prarancangan Pabrik Kalsium Silikat ini kebutuhan air bersumber dari PT. Krakatau Tirta dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Pengolahan air yang relative lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan lebih murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut atau air sungai yang lebih rumit serta pengolahannya memakan biaya yang lebih mahal dan biaya maintenance yang juga mahal.

- Dekat dengan lokasi pabrik.

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik kalsium silikat ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

a. Air Domestik (*Domestic Water*)

Air domestik merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi kualitas air sanitasi yaitu ada syarat fisika dimana suhu harus dibawah suhu udara, air berwarna jernih, air tidak berasa, air tidak berbau. Untuk syarat kimia yaitu air tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut didalam air, dan tidak mengandung zat beracun. Dan yang terakhir syarat bakteriologis yaitu tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen.

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan seperti bengkel, laboratorium, kantin, masjid, dan lain sebagainya. Syarat-syarat *service water* ini sama dengan *domestic water*.

c. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler ini akan digunakan untuk menghasilkan steam yang digunakan untuk membantu menunjang kelangsungan proses produksi. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mengenai air umpan boiler antara lain :

- Zat yang Menyebabkan Korosi

Ada beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada boiler yaitu adanya larutan asam dan gas-gas terlarut seperti CO₂, O₂, NH₃.

- Zat yang Menyebabkan Kerak
Terjadinya kerak pada boiler disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

d. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

- Air jernih.
- Tidak berbau.
- Tidak berasa.
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik.

5.1.2. Unit Pengolahan Air

Berikut tahap-tahapan pengolahan air :

a. Demineralisasi

Air umpan boiler harus bebas dari garam yang terlarut, maka proses demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung. Berikut adalah tahapan pengolahan air umpan boiler :

- *Cation Exchanger*

Cation Exchanger merupakan proses penukaran ion-ion positif yang apabila tidak dihilangkan akan menyebabkan *scaling* (kerak). Proses ini menggunakan resin berupa asam lemah. Dimana pada proses ini, kation-kation yang terkandung dalam air akan diganti dengan ion H^+ atau Na^+ . Karena pada proses ini menggunakan ion H^+ ,

sehingga air yang keluar dari proses *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺. Reaksi penukar kation adalah sebagai berikut :

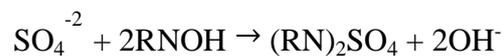


Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang akan digunakan adalah NaCl. Reaksi regenerasi:



- *Anion Exchanger*

Anion Exchanger merupakan proses pengikatan ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula RSO₃H. Sehingga anion-anion seperti CO₃⁻², Cl⁻, dan SO₄⁻² akan membantu mengikat garam resin tersebut. Reaksi pada proses *anion exchanger* adalah sebagai berikut :



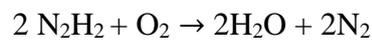
Ion SO₄⁻² dapat menggantikan ion OH⁻ yang ada di dalam resin, karena selektivitas SO₄⁻² lebih besar dari selektivitas OH⁻. Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



Saat resin anion telah jenuh maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan yang digunakan untuk meregenerasi adalah NaOH.

b. Dearasi

Daerasi adalah proses pembebasan kandungan gas seperti oksigen (O₂) dan karbondioksida (CO₂) yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami demineralisasi (polish water) dipompakan ke dalam deaerator dan di injeksi hidrazin (N₂H₄) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (scale) pada tube boiler. Reaksi yang terjadi :



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (boiler feed water).

5.1.2.1. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Proses

Alat	Kode	Kebutuhan Air (Kg/jam)
<i>Rotary Drum Vakum Filter</i>	RDVF-01	4015,790
Jumlah		4015,790

Maka kebutuhan air proses adalah 4015,790 kg/jam perancangan dibuat over desain 20% sehingga kebutuhan air pendingin adalah 4818,948 kg/jam.

b. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestic merupakan kebutuhan air untuk karyawan kantor. Kebutuhan air karyawan menurut standar WHO, kebutuhan untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari

Diambil kebutuhan air tiap orang adalah 100 liter/jam

- Jumlah karyawan : 228 orang
- Kebutuhan air semua karyawan : 22.800 liter/jam
- : 22.800 kg/jam
- : 547.200 liter/hari

c. Kebutuhan Air Servis

Kebutuhan air untuk servis diperkirakan sekitar 500 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, dan lain-lain. Sehingga dapat dilihat total kebutuhan air Dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah :

Tabel 5.2 Total Kebutuhan Air

Keperluan	Jumlah (kg/jam)
Air Domestik	22.800
Air untuk Servis	500
<i>Steam Water</i>	1.799,44

Lanjutan Tabel 5.2 Total Kebutuhan Air

Air Proses	4.015,79
Total	29.115,23

5.2. Unit Pembangkit Steam

Air dari tangki umpan boiler diumpankan menuju boiler untuk membangkitkan steam. Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi yaitu dengan menyediakan boiler dengan kebutuhan steam sebanyak 1.799,44 kg/jam. Steam yang berasal dari boiler digunakan sebagai media pemanas yang hasilnya berupa uap dan dimasukkan ke alat heat exchanger untuk memanaskan, kemudian hasilnya yang berupa embunan dimasukkan ke dalam tangki kondensat dan diumpankan kembali ke tangki umpan boiler.

5.3. Unit Pembangkit Listrik

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik kalsium silikat ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba.

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Kilo Watt
Hammer Mill	HM-01	100	74,570
Mixer Ribbon	M-01	24,8	18,5
Rotary Cooler	RC-01	20	14,9
Ball Mill	BM-01	50	37,285
Vibrating Screen	VS-01	30	22,371
Mixer	M-02	40	29,828
Centrifuge	CF-01	5	3,72
Rotary Dryer Vacum Filter	RDVF- 01	5	3,72
Rotary Dryer	RD-01	300	223,7
Cyclone	CY-01	0	0
Blower 1	BL-01	1	0,7457
Blower 2	BL-02	1	0,7457

Lanjutan Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Heater Udara	HU-01	1	0,7457
Bucket Elevator	BE-01	1	0,7457
	BE-02	1	0,7457
	BE-03	1	0,7457
	BE-04	1	0,7457
Belt Conveyor	BC-01	0,34	0,25
	BC-02	0,34	0,25
	BC-03	0,34	0,25
	BC-04	0,34	0,25
	BC-05	0,34	0,25
Screw Conveyor	SC-01	0,5	0,37
	SC-02	0,5	0,37
	SC-03	0,5	0,37
	SC-04	0,5	0,37

Lanjutan Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Pompa	P-01	2	1,49
	P-02	1,5	1,118
	P-03	0,5	0,372
	P-04	0,33	0,246
Total		574,8	442.088

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	KWatt
Pompa	PU-01	1,537	1,146
Pompa	PU-02	3,117	2,324
Pompa	PU-03	1,537	1,146
Total		6,191	4,617

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Power yang dibutuhkan untuk penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

e. Kebutuhan Listrik Pelaratan Kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor (AC, Komputer, dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

f. Kebutuhan Listrik Lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

Sehingga total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan tabel di bawah ini :

Tabel 5.5 Total Kebutuhan Listrik

NO.	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Alat Proses	442,088
2	Utilitas	4,617
3	Alat Kontrol	111,6762184
4	Penerangan	67,00573106
5	Peralatan Kantor	67,00573106
6	Bengkel, Laboratorium	67,00573106
Total		759,398

5.4. Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan yang diperlukan untuk pemakaian alat pneumatic control. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 41,120 m³/jam.

5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Penyediaan Bahan Bakar untuk menunjang proses produksi, digunakan bahan bakar berupa gas methana (CH₄). Gas methana yang dibutuhkan adalah sebesar 2,88E+07 Kmol/jam.

5.6. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang diperoleh dari pabrik Kalsium Silikat adalah limbah cairan dan padatan.

1. Bahan buangan cairan

Buangan Cairan dapat berupa :

- a. Filtrat dari pencucian produk terhadap asam sitrat.
- b. Larutan asam sitrat yang mengandung senyawa silika yang terlarut didalamnya.
- c. Buangan air domestik.

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif aerasi dan injeksi gas klorin.

5.7. Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Air Tampung Sementara

Fungsi : Menampung Air dari PT.Krakatau

Spesifikasi

Volume : 538,25 m³

Panjang : 17 m
Lebar : 5 m
Tinggi : 6 m

2. Tangki Air Domestik

Fungsi : Menampung Air dari PT.Krakatau untuk kebutuhan domestik dan servis

Spesifikasi

Volume : 538,25 m³
Diameter : 3,1 m
Tinggi : 3,1 m

3. Tangki Anion

Fungsi : Menghilang mineral yang masih terkandung dalam air

Spesifikasi

Bentuk : Silinder tegak
Volume : 3,6 m³
Diameter : 1,6 m
Tinggi : 1,9 m

4. Tangki Kation

Fungsi : Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air

Spesifikasi

Bentuk : Silinder Tegak
Volume : 3,6 m³
Diameter : 1,6 m

Tinggi : 1,9 m

5. Tangki NaCl

Fungsi : Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi *Kation Exchanger*

Spesifikasi

Bentuk : Silinder Tegak

Volume : 0,26 m³

Diameter : 0,69 m

Tinggi : 0,69 m

Harga :

6. Tangki NaOH

Fungsi : Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi *Anion Exchanger*

Spesifikasi

Bentuk : Silinder Tegak

Volume : 0,26 m³

Diameter : 0,69 m

Tinggi : 0,69 m

7. Tangki Umpan Boiler (Daerator)

Fungsi : Menyimpan air umpan boiler selama 8 jam

Spesifikasi

Bentuk : Silinder Horizontal dilengkapi dengan daerator

Volume : 56 m³

Diameter : 6 m

Panjang : 18 m

8. Tangki Kondensat

Fungsi : Menyimpan air umpan boiler selama 1 jam

Spesifikasi

Bentuk : Silinder Horizontal

Volume : 2,1 m³

Diameter : 2 m

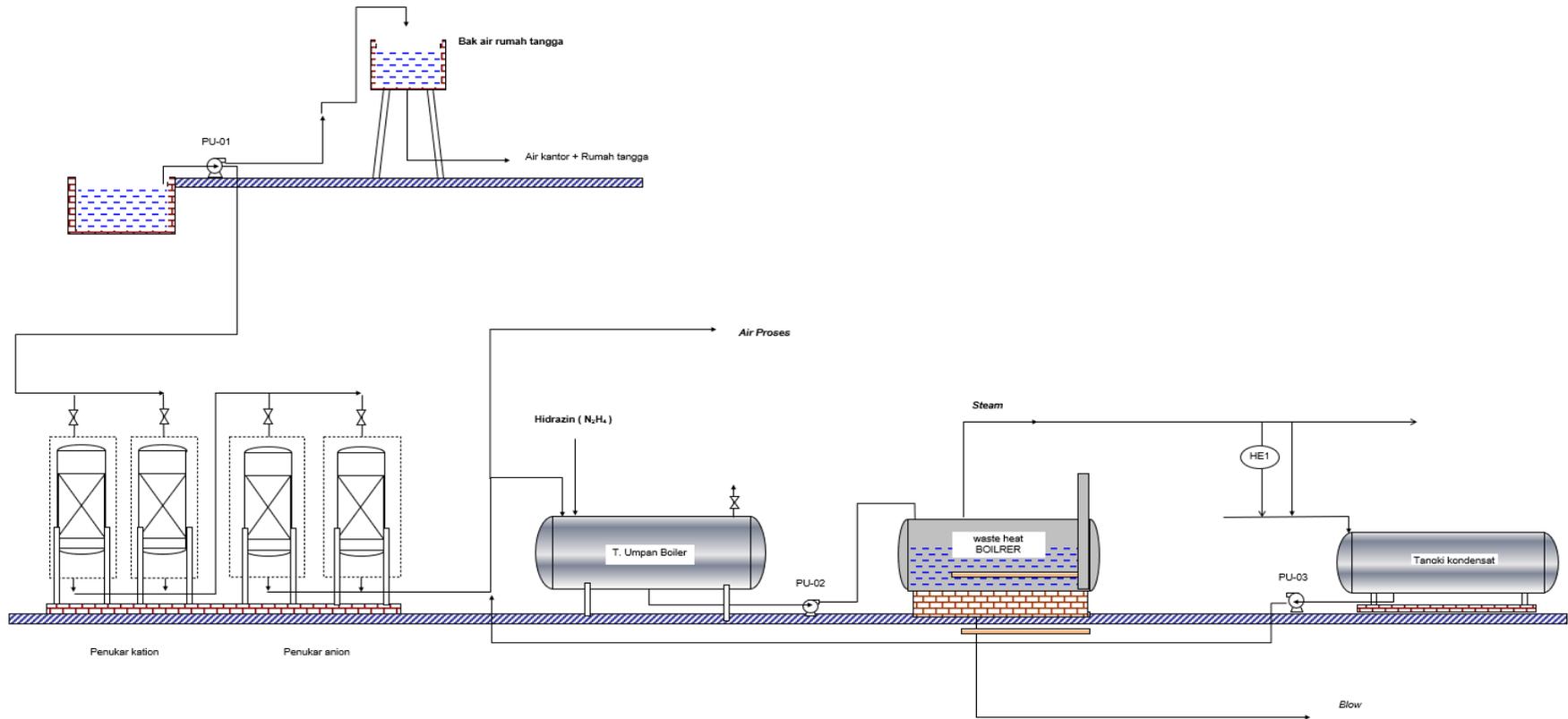
Panjang : 6,2 m

9. Pompa Utilitas

Tabel 5.6 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas		
	PU-01	PU-02	PU-03
Kode	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Memompa air dari bak sementara menuju tangki air domestik, servis dan memompa air menuju tanki demineralisasi	Memompa umpan menuju Boiler	Merecycle uap air yang telah terkondensasi
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>		
Bahan	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (kg/jam)	22.315	1.799	1.799
Spesifikasi			
Head Pump (ft)	56,955	24,402	24,402
Tenaga Pompa (HP)	178,115	54,549	1,537
Tenaga Motor (HP)	200	75	3

5.8. Gambar Proses Utilitas



Gambar 5.1 Proses Utilitas

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada pra rancangan pabrik kalsium silikat ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen yang penting di perancangan adalah estimasi harga alat-alat, karena harga ini digunakan sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi digunakan untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu, analisa ekonomi yang ditunjukkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

1. Modal Industri (Total Capital Investment)

Modal industri meliputi :

- Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
- Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

2. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

Biaya produksi total adalah Biaya pembuatan atau *Manufacturing Cost*,

Adapun Biaya pembuatan ini meliputi :

- Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
- Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
- Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

3. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- Biaya tetap (Fixed Cost)
- Biaya variabel (Variable Cost)

- Biaya mengambang (Regulated Cost)

6.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses setiap alat semua tergantung kepada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangat sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga suatu alat pada tahun tertentu dan harus mengetahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik kalsium silikat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun didirikan pada tahun 2027. Di dalam analisa ekonomi harga alat ataupun harga yang lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka diperlukan data indeksi tahun analisa. Harga indeks tahun 2023 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1982 sampai 2023, dicari dengan persamaan regresi linear.

Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan

Tahun (x)	Indeks (y)
1963	102,4
1964	103,3
1965	104,2
1966	107,2
1967	109,7
1968	113,7
1969	119
1970	125,7

Lanjutan Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan

1971	132,3
1972	137,2
1973	144,1
1974	165,4
1975	182,4
1976	192,1
1977	204,1
1978	218,7
1979	238,7
1980	261,2
1981	297
1982	314
1983	317
1984	322,7
1985	325,3
1986	318,4
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3

Lanjutan Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan

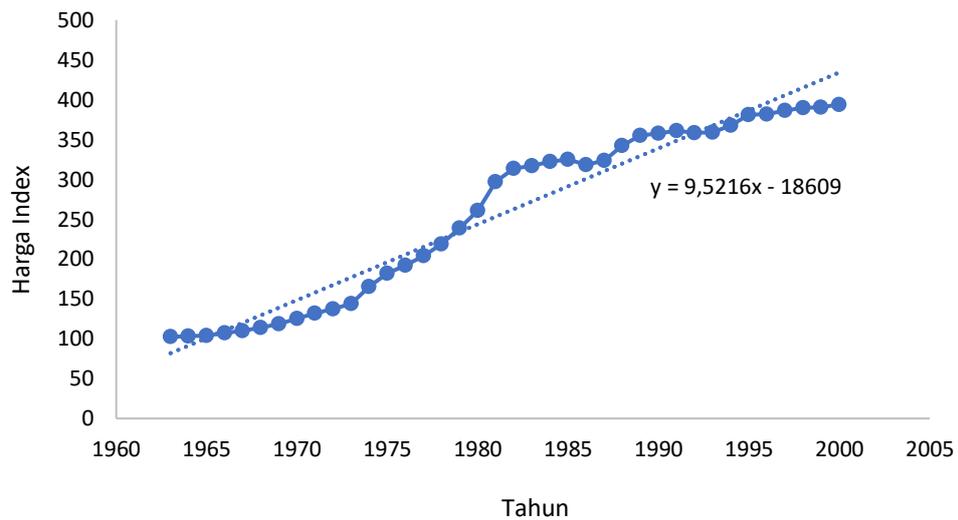
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1

Sumber : www.chemegonline.com

Berdasarkan data diatas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh yaitu :

$$y = 9,6219x - 18609$$

Pabrik kalsium silikat dari pasir silika dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini akan didirikan pada tahun 2027, maka dari persamaan regresi linear diatas diperoleh index sebesar 694,5913 . Grafik hasil plotting data dapat dilihat pada Gambar 6.1 di bawah ini :



Gambar 6.1 Indeks Harga Alat.

Harga-harga alat dan lainnya dapat dihitung pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters and Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Dalam hubungan ini:

- E_x : Harga pembelian pada tahun 2027
- E_y : Harga pembelian pada tahun referensi 2014
- N_x : Indeks harga pada tahun 2027
- N_y : Indeks harga pada tahun referensi 1963

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ex 2027	
				\$	Rp
1	Mixer Ribbon	M-01	1	16.079,12	237.022.283,25
2	Ball Mill	BM-01	1	20.573,96	303.280.785,15
3	Vibrating Screen	VS-01	1	12.181,15	179.562.335,79
4	Rotary Drm Vacuum Filter	RDVF-01	1	144.468,44	2.129.609.302,50
5	Mixer	M-02	1	1.403.999,38	20.696.354.823,47
6	Rotary Dryer	RD-01	1	228.883,81	3.373.976.289,55
7	Cyclone	CY-01	1	7.308,69	107.737.401,48
8	Silo 1	S-01	1	55.424,23	817.008.627,86
9	Silo 2	S-02	1	62.976,55	928.337.276,05
10	Silo 3	S-03	1	22.535,13	332.190.321,22
11	Tangki Asam Sitrat	T-01	1	23.387,81	344.759.684,72
12	Blower 1	BL-01	1	19.611,65	289.095.360,63
13	Blower 2	BL-02	1	32.401,86	477.635.813,21
14	Pompa 1	P-01	1	4.750,65	70.029.310,96
15	Pompa 2	P-02	1	5.359,71	79.007.427,75
16	Pompa 3	P-03	1	5.968,76	87.985.544,54
17	Pompa 4	P-04	1	3.897,97	57.459.947,45
18	Heat udara	HU-01	1	14.617,38	215.474.802,95
19	Furnace	F-01	9	97.757.089,00	1.441.037.248.949,0

Lanjutan Tabel 6.2 Harga Alat Proses

20	Hammer mill	HM-01	1	44.814,00	660.603.174,00
21	Rotary cooler	RC-01	1	89.629,00	1.321.221.089,00
22	Centrifuge	CF-01	1	179.257,00	2.642.427.437,00
23	Belt Conveyor	BC (1-8)	8	75.288,00	1.109.820.408,00
	Bucket				
24	Elevator	BE(1-8)	8	74.093,00	1.092.204.913,00
Total				100.304.596,2	1.478.590.053.308,5

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	CX 2027	
				\$	Rp
1	Bak air bersih	BU-01	1	9.867	145.445.491,99
	Tanki air				
2	domestik & servis	T-01	1	13.034	192.131.699,30
3	Tangki kation	T-02	1	14.496	213.679.179,59
4	Tangki anion	T-03	1	14.496	213.679.179,59
5	Tangki NaCL	T-04	1	2.436	35.912.467,16
6	Tangki NaOH	T-05	1	2.436	35.912.467,16
7	Daerator	DE-01	1	13.399	197.518.569,37
8	boiler	BO-01	1	264.818	3.903.685.180,13
	Tangki				
9	kondensat	T-07	1	6.700	98.759.284,69
10	Pompa 1	PU-01	1	4.142	61.051.194,17

Lanjutan Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

11	Pompa 2	PU-02	1	2.680	39.503.713,87
12	Pompa 3	PU-03	1	2.680	39.503.713,87
Total				351.183	5.176.782.140,91

6.2. Analisa Perhitungan Biaya

Untuk memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapannya antara lain:

1. Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	: 20.000 ton/tahun
Satu Tahun Operasi	: 330 hari
Tahun Pendirian	: 2027
Kurs Mata Uang	: 1 US \$ = Rp. 15.253
Upah Pekerja Asing	: \$ 15 / jam
Upah Pekerja Indonesia	: Rp. 20.000 / jam
5% tenaga asing	: 95% tenaga lokal

2. Perhitungan Biaya

a. *Capital Investment*

Capital Investment adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* terdiri dari :

- *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

- *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost adalah jumlah *Direct*, *Indirect*, dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, 1955, *Manufacturing Cost* meliputi :

- *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

- *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

- *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

c. *General Expense*

General expense Adalah pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

6.3. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dipergunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan-perhitungan yang dapat digunakan dalam menganalisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

a. *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya Capital Investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

c. *Break Even Poin* (BEP)

Break Even Poin (BEP) merupakan :

- Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total cost. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra}$$

Keterangan :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

d. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah :

- Suatu titik atau penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain Variable Cost yang terlalu tinggi, atau karena keputusan manajemen

akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan).

- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- Level produksi dimana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar Fixed Cost.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah :

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir selama umur pabrik.

Berikut adalah persamaan Untuk Menghitung DCFR :

$$R = S$$

$$R = (WC + FCI) \times [(1 + i)^n]$$

$$S = \{[(1 + i)^{n-1}] + \dots + (1 + i) + 1\} \times CF + (SV + WCI)$$

Keterangan :

- FC = Fixed Capital
 WC = Working Capital
 SV = Salvage Value
 C = Cash flow
 N = Umur Pabrik = 10 tahun
 (i) = Nilai DCFR

6.4. Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Kalsium Silikat ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan ditunjukkan di bawah ini :

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost (PPC)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Purchased Equipment cost</i>	1.522.217.342.955	100.655.779
<i>Delivered Equipment Cost</i>	380.554.335.739	25.163.945
Instalasi cost	273.397.669.902	18.078.270

Lanjutan Tabel 6.4 Physical Plant Cost (PPC)

Pemipaan	141.643.717.845	9.366.112
Instrumentasi	385.198.492.717	25.471.037
Insulasi	62.221.795.629	4.114.382
Listrik	152.221.734.296	10.065.578
Bangunan	21.111.600.000	1.395.993
<i>Land & Yard Improvement</i>	334.339.200.000	22.107.994
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	3.272.454.313.628	216.389.229

Tabel 6.5 Direct Plant Cost (DPC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	3.272.454.313.628	216.389.229
Teknik dan Konstruksi	654.581.177.816	1.499.695
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	3.926.945.176.354	259.667.075

Tabel 6.6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	3.926.945.176.354	259.667.075
Kontraktor	157.077.807.054	10.386.683
Biaya tak terduga	589.041.776.453	38.950.061
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	4.673.064.759.861	309.003.819

Tabel 6.7 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material</i>	88.275.924.000	5.837.196,59
<i>Labor</i>	23.028.000.000	1.522.713,75
<i>Supervision</i>	2.302.800.000	152.271,37
<i>Maintenance</i>	92.688.694.779	6.128.988,61

Lanjutan Tabel 6.7 Direct Manufacturing Cost (DMC)

<i>Plant Supplies</i>	13.903.304.217	919.348,29
<i>Royalty and Patents</i>	24.196.800.000	1.600.000,00
<i>Utilities</i>	2.811.012.710	185.876,66
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	253.764.940.943	16.780.066

Tabel 6.8 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Payroll Overhead</i>	3.454.200.000	228.407
<i>Laboratory</i>	2.302.800.000	152.271
<i>Plant Overhead</i>	11.514.000.000	761.357
<i>Packaging and Shipping</i>	120.984.000.000	8.000.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	138.255.000.000	9.142.035

Tabel 6.9 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Depreciation</i>	463.443.473.894	30.644.943
<i>Property taxes</i>	92.688.694.779	6.128.989
<i>Insurance</i>	46.344.347.389	3.064.494
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	607.498.418.782	40.170.497

Tabel 6.10 *Manufacturing Cost (MC)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	253.764.940.943	16.780.066
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	138.255.000.000	9.142.035
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	607.498.418.782	40.170.497
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	999.518.359.725	66.092.598

Tabel 6.11 *Working Capital (WC)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	8.025.084.000	530.654
<i>In Process Inventory</i>	45.432.652.715	3.004.209
<i>Product Inventory</i>	90.865.305.430	6.008.418
<i>Extended Credit</i>	219.970.909.091	14.545.455
<i>Available Cash</i>	90.865.305.430	6.008.418
<i>Working Capital (WC)</i>	455.159.256.665	30.097.154

Tabel 6.12 *General Expense (GE)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Administration</i>	19.990.367.194	1.321.852
<i>Sales expense</i>	199.903.671.945	13.218.520

Lanjutan Tabel 6.12 General Expense (GE)

<i>Research</i>	79.961.468.778	5.287.408
<i>Finance</i>	102.564.480.331	6.782.019
<i>General Expense (GE)</i>	402.419.988.248	26.609.799

Tabel 6.13 *Total Production Cost (TPC)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
Manufacturing Cost (MC)	999.518.359.725	66.092.598
General Expense (GE)	402.419.988.248	26.609.799
<i>Total Production Cost (TPC)</i>	1.401.938.347.973	92.702.397

Tabel 6.14 *Fixed Cost (Fa)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
Depreciation	467.306.475.986	30.900.382

Lanjutan Tabel 6.14 Fixed Cost (Fa)

Property taxes	93.461.295.197	6.180.076
Insurance	46.730.647.599	3.090.038
Fixed Cost (Fa)	607.498.418.782	40.170.497

Tabel 6.15 Variable Cost (Va)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
Raw material	88.275.924.000	5.837.197
Packaging & shipping	120.984.000.000	8.000.000
Utilities	8.480.927.466	560.797
Royalties and Patents	24.196.800.000	1.600.000
Variable Cost (Va)	241.937.651.466	15.997.993

Tabel 6.16 *Regulated Cost (Ra)*

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
Gaji karyawan	Rp23.028.000.000	\$1.522.714
Plant overhead	Rp11.514.000.000	\$761.357
Payroll overhead	Rp3.454.200.000	\$228.407
Supervision	Rp2.302.800.000	\$152.271
Laboratory	Rp2.302.800.000	\$152.271
General expense	Rp402.419.988.248	\$26.609.799
Maintenance	Rp93.461.295.197	\$6.180.076
Plant supplies	Rp14.019.194.280	\$927.011
<i>Regulated Cost (Ra)</i>	Rp552.502.277.725	\$36.533.907

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital} \times 100\%$$

Return On Investment (ROI) sebelum pajak = 22,30%

Return On Investment (ROI) setelah pajak = 16,73%

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries and Newton,1955).

Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan + Depresiasi} \times 100\%$$

Pay Out Time (POT) sebelum pajak = 3,1 Tahun

Pay Out Time (POT) setelah pajak = 3,7 Tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah maksimum yaitu 5 tahun (Aries and Newton,1955).

Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra}$$

Break Even Point (BEP) = 42,59%

Syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%-60%.

Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\%$$

Shut Down Point (SDP) = 9,12%

Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Maka Didapatkanlah hasil analisa *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebagai berikut :

Umur pabrik	: 9 tahun
<i>Fixed capital investment</i>	: Rp 4.673.064.759.861
<i>Working Capital</i>	: Rp 455.159.256.665
<i>Cash Flow</i>	: Rp. 876.985.855.007
<i>Salvage Value</i>	: Rp. 463.443.473.894

Sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR sebesar 21,22%

6.5. Analisa Keuntungan

Dalam Analisa keuntungan ini digunakanlah pajak sebesar 25%

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan	= Rp. 2.419.680.000.000
Total Biaya Produksi	= Rp. 1.386.058.709.447
Keuntungan Sebelum Pajak	= Rp. 1.033.621.290.553

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak (25%)	= Rp. 258.405.322.638,25
Keuntungan setelah pajak	= Rp. 775.215.967.915

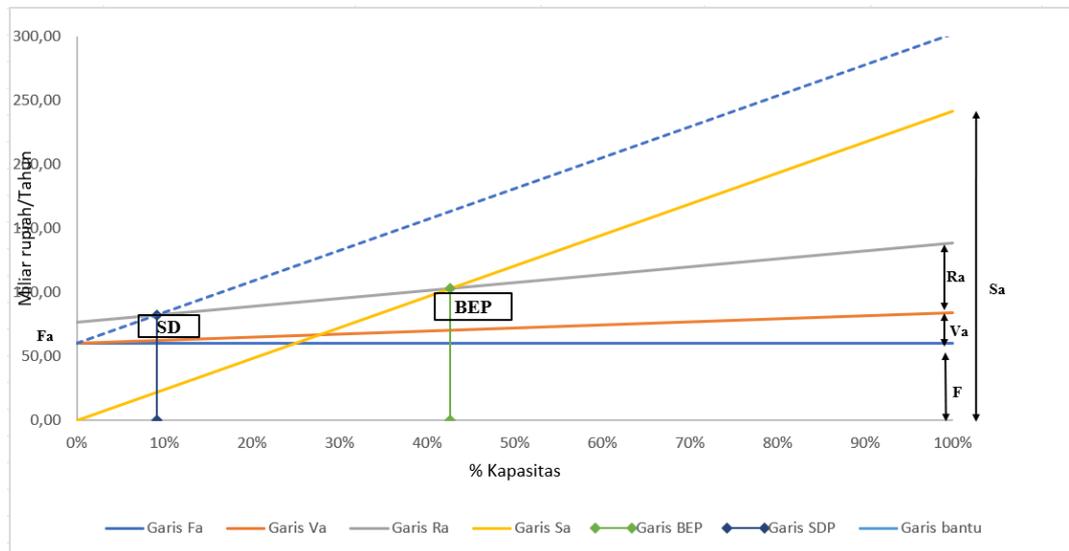
6.6. Analisa Resiko Pabrik

Dalam perancangan ekonomi pabrik ini juga dibahas risk management pada pendirian pabrik Kalsium silikat dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Risk management adalah suatu proses identifikasi, analisis, penilaian, pengendalian, dan upaya menghindari, meminimalisir, atau menghapus risiko yang mungkin dapat terjadi. Risk management ini diterapkan pada perusahaan dengan tujuan untuk melindungi perusahaan maupun lingkungan sekitar dari risiko kejadian yang dapat merugikan, menciptakan lingkungan kerja yang aman dan terjamin untuk semua staf maupun pelanggan, meningkatkan stabilitas operasional pabrik sekaligus mengatur tanggung jawab hukum, memberikan proteksi untuk semua orang dan aset yang terlibat dalam risiko berbahaya, membantu menetapkan kebutuhan asuransi perusahaan sehingga dapat meminimalkan premi yang tidak penting. Untuk hasil identifikasi risiko ini dapat menentukan kategori risiko termasuk low risk, medium risk, dan high risk. Dengan mengetahui kategori risiko maka dapat membantu manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan dan tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak negative dan probabilitas yang dapat terjadi di masa yang akan datang.

Tabel 6. 17 Parameter Risiko Pabrik

Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
		Low	High
Kondisi Operasi	Suhu : 1200 °C Tekanan : 1 atm	✓	✓
Sifat Bahan baku yang digunakan			
Kalsium Karbonat	Tidak menyebabkan iritasi kulit dan mata tidak mudah terbakar Stabilitas : Stabil	✓ ✓ ✓	
Pasir Silika	Tidak menyebabkan iritasi kulit iritasi mata, dan pernapasan tingkat rendah ke sedang Tidak mudah terbakar Stabilitas : Stabil	✓ ✓ ✓ ✓	
Sifat produk yang dihasilkan			
Kalsium Silikat	Tidak menyebabkan iritasi kulit, iritasi mata Tidak mudah meledak Tidak mudah terbakar Stabilitas : stabil	✓ ✓ ✓ ✓	

Berdasarkan parameter diatas yaitu dari sisi kondisi operasi, sifat atau karakteristik dari bahan baku dan produk maka pabrik ini dapat digolongkan memiliki resiko yang rendah (low risk).



Gambar 6.2 Grafik Analisa Ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1. Kesimpulan

Pabrik kalsium silikat dari jerami padi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2027 untuk memenuhi kebutuhan pasar di Indonesia. Dalam perancangan pabrik kalsium silikat ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses mendirikan pabrik kalsium silikat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun untuk, memenuhi kebutuhan dalam negeri, menjadikan lapangan kerja baru, dan memajukan perkembangan industri.
2. Pabrik Kalsium Silikat dari Pasir Silika berbentuk Perseroan Terbatas (PT) direncanakan akan dibangun di Cilegon, Banten dengan luas tanah keseluruhan 278.616 m² dan luas bangunan 17.593 m². Jumlah karyawan 228 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
3. Hasil perhitungan analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan di pabrik ini didapatkan sebagai berikut:
Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 1.033.621.290.553 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 775.215.967.915 (dengan asumsi pajak 25%).
4. Presentasi Return on Investment (ROI) sebelum pajak adalah 22,30% dan setelah pajak adalah 16,73%.
5. Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 3 tahun 1 bulan dan setelah pajak adalah 3 tahun 7 bulan.

6. Nilai Break Even Point (BEP) adalah 42,59% dan Shut Down Point (SDP) adalah 9,12 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40% - 60% dan $SDP < BEP$. (Aries & Newton, 1955).
7. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) adalah 21,22%.
8. Berdasarkan data yang diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik kalsium silikat dari pasir siilika layak ditinjau untuk didirikan karena memiliki indikator ekonomi yang menguntungkan.

7.2. Saran

Dalam merancang suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep kompleks yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

1. Upaya dalam proses seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku yang perlu diperhatikan akan lebih optimal dalam menghasilkan keuntungan.
2. Dalam merancang pabrik kimia tidak jauh dari produksi limbah, sebab itu diperhatikan dalam perkembangan pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produksi Kalsium silikat dapat diwujudkan sebagai sarana untuk menempati kebutuhan di masa pendatang yang jumlahnya semakin lama semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., and R. D. Newton. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Bauer, R. R., Copeland, J. R., and Santini, Ken. 1994. *Wollastonite, minerals, and rocks*. *Journal Industrial Mineral and Rocks*. Vol 6. Pp. 1119-1128.
- Borodina, I.A., Kozik, V.V. 2005. *Composite Materials Based on Wollastonite for Automobile Construction*. Russia : Tomsk State University
- Brinker, L.J. and Scheriee, G.W. 1990. *Sol Gel Science the Physic and Chemistry of Sol Gel Processing*. Academic Press New York. USA. Pp.108.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons, Inc., New York
- Budiman, B., & Dwi, A. (2013). Sintesis Keramik Kalsium Silikat Menggunakan Kalsium Karbonat (CaCO_3) dan Silikon Dioksida (SiO_2) dengan Teknik Reaksi Padatan pada Suhu Sintering 1200°C . *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 1(1).
- Chen, C. C., Lai, M. H., Wang, W. C., and Ding, S. J. 2010 . *Properties of Anti Washout Type Calcium Silicate Bone Cements Containing Gelatin*. *Journal Materials Science: Materials Medic*. Vol. 21. Pp. 1057-1068.
- Ding, S. J., Shie, M. Y., and Wang, C. Y. 2009. *Novel Fast Setting Calcium Silicate Bone Cement With High Bioactivity And Enhanced Osteogenesis In Vitro*. *Journal Material Chemistry*. Vol. 19. No. 8. Pp. 1180-1190.
- Gusti, J. (2008). Pengaruh Penambahan Surfaktan Pada Sintesis Senyawa Kalsium Fosfat Melalui Metode Pengendapan. Padang : Universitas Andalas.
- Harga Bahan, www.indonesian.alibaba.com, diakses pada tanggal 29 Juli 2023 pukul 15.00 WIB

- Kashim, M.Z., Tsegab, H., Rahmani, O., Abu Bakar, Z.A. and Aminpour, S.M., 2020. *Reaction mechanism of wollastonite in situ mineral carbonation for CO₂ sequestration: effects of saline conditions, temperature, and pressure*. ACS omega, 5(45), pp.28942-28954.
- Kern, D.1., 1983. *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering* 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Lara, W. O., Hernandez, D. A. C., Best, S., Brooks, R., and Ramirez, A. H. 2010. *Antibacterial properties in vitro bioactivity and cell proliferation of titaniawollastonite composites*. Journal Ceramic International. Vol 36. No.2.Pp. 513-519.
- Levenspiel, O., 1999, "Chemical Reaction Engineering", 3rd edition. John Wiley and Sons : New York
- Lin, K., Chang, J., and Lu, J. 2006. *Synthesis of wollastonite nanowire via hydrothermal microemulsion methods*. Journal Material Letter. Vol. 60.Pp. 3007-3017.
- Lin, K., Chang, J., Chen, G., Ruan, M., and Ning, C. 2007. *A Simple Method To Synthesize Single-Crystalline β -wollastonite Nanowires*. Journal of Crystal Growth. Vol. 300. No. 2. Pp. 267-271.
- Ludwig, E. E., 2001, "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant", 3rd ed, vol 3, Gulf Publishing Company, Houston, Texas
- Lukman, M., Yudyanto., Hartatiek. (2012). *Sintesis Biomaterial Komposit CaO-SiO₂ Berbasis Material Alam (Batuan Kapur Dan Pasir Kuarsa) Dengan Variasi Suhu Pemanasan Dan Pengaruhnya Terhadap Porositas, Kekerasan Dan Mikrostruktur*. Journal Sains Vol. 2 No. 1. Malang: UM
- Masli, A., & Shamsudin, R. (2019, June). *Sol-gel synthesis of calcium silicate powder*. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2111, No. 1, p. 030009). AIP Publishing LLC.

- Matche equipment cost. <http://www.matche.com/EquioCost> (diakses pada 29 Juli 2023).
- Pencarian data Kapasitas, www.bps.go.id, diakses pada tanggal 10 Juni 2021.
- Perry, R.H. and Green, D., 2008, “ *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook* “, 8th ed., Mc. Graw Hill Book Co., New York.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook*, 6th., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Podporska, J., Blazewicz, M., Trybalska, B., and Zych, L. 2008. *A novel ceramic material with medical application*. Processing and Application of Ceramics. Vol. 2. Pp. 19-22.
- Puspita, E. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Silikat Berbahan Dasar Cangkang Kerang Darah Pada Suhu Kalsinasi 1000oC. *Skripsi*.: Universitas Lampung.
- Saadaldin, A. A. and Rizkalla, A. S. 2014. *Synthesis And Characterization Of Wollastonite Glass Ceramics For Dental Implant Applications*. *Journal Dental Materials*. Vol. 30. Pp. 364-371.
- Sucipto, E. (2007). Hubungan Pemaparan Partikel Debu pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru. Semarang : Universitas Diponegoro pukul 15.00 WIB).
- Ulrich, 6.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.*, John Wiley and Sons., Inc., New York
- USGS Science For A Changing World.2001. *Wollastonite – A Versatile Industrial Mineral*. Industrial of the United States.
- Wu, B. C., Wei, C. K., Hsueh, N. S., and Ding, S. J. 2014. *Comparative Cell Attachment, Cytotoxicity, And Antibacterial Activity Of Radiopaque Dicalcium Silicate Cement And White Coloured Mineral Trioxide Aggregate*. *International Endodontic Journal*. Vol. 48. No. 3. Pp. 268-276.

www.chemengonline.com/pci, 2023 (diakses 28 Juli 2023 pukul 13.00 WIB).

www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB3189805(diakses 28 Juli 2023 pukul 13.00 WIB).

www.msind.com/blog/understanding-the-difference-between-silica-sand-and-washed-(diakses 28 Juli 2023 pukul 13.00 WIB).

Yaws, Carl L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. New York: McGraw-Hill Inc. ISBN: 0-07-073401.

Yazdani, A., H. R. Razie, and H. Ghassai. 2010. *Investigation Of Hydrothermal Synthesis Of Wollastonite Using Silica And Nano Silica At Different Pressures*. Journal Ceamics Process. Pp. 348-353.

Yun, Y. H., Kim, S. B., Kang, B. A., Lee, Y. W., Oh, J. S., and Hwang, K. S. 2006. *β -Wollastonite Reinforced Glass Ceramics Prepared from Waste Fluorescent Glass and Calcium Carbonate*. Journal Material Processing Technology. Vol. 178. No 1-3. Pp. 61-66.

Zhang, N., Molenda, J. A., Mankoci, S., Zhou, X., Murphy, W. L., and Sahai, N. 2013. *Crystal Structures Of Casio₃ Polymorphs Control Growth And Osteogenic Differentiation Of Human Mesenchymal Stem Cell On Bioceramic Surface*. Journal Biomaterials Science. Vol. 1. Pp. 1101-1110.

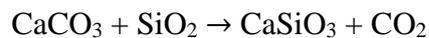
Zhong, H., Wang, L., Fan,, He, Y. L., Lin, K., Jiang, W., Chang, J., and Chen, L. 2011. *Mechanical Properties And Bioactivity of β -Ca₂SiO₄ Ceramics Synthesized By Spark Plasma Sintering*. Journal Ceramic International. Vol. 37. No. 7. Pp. 2459-246

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN REAKTOR

Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara Kalsium Karbonat (CaCO ₃) dan Pasir Silika (SiO ₂) membentuk Kalsium Silikat (CaSiO ₃) dan CO ₂
Fase	: Padat - Padat
Jenis	: Reaktor Batch
Bahan Material	: Stel SA-167 grade 11 type 316
Kondisi Operasi	: Suhu = 1200 °C Tekanan = 1 atm

Reaksi Pembentukan :



A. Konstanta Laju Reaksi

Berdasarkan referensi pada jurnal yang berjudul “Solid-phase synthesis of wollastonite in natural and technogenic siliceous stock mixtures with varying levels of calcium carbonate component” yang membahas mengenai study pembentukan kalsium silikat dari rasio yang digunakan dan jenis bahan silika yang akan direaksikan. Dengan ini, kinetika pembentukan kalsium silikat diperoleh dari persamaan arhenius :

$$k = A e^{-\frac{Ea}{RT}}$$

$$\ln k = -\frac{Ea}{RT} + \ln A$$

Keterangan :

- k = konstanta laju reaksi
 A = factor pre-exponential
 Ea = energi aktivasi (J/mol)
 T = suhu (K)

Sehingga didapatkan untuk pembentukan kalsium silikat pada orde 1, konstanta laju reaksi sebesar 14,8/menit dengan konversi 80% (rasio mol 2:3) pada suhu 1200 °C.

B. Menghitung Volume Reaktor

Laju alir volumetric dihitung dari rumus :

$$Fv = \frac{\text{massa } \left(\frac{kg}{jam}\right)}{\text{Densitas } \left(\frac{kg}{L}\right)}$$

Komponen masuk reactor:

Komponen	Massa		Fraksi massa (xi)	ρ, kg/m ³	ρ, kg/m ³ Campuran	Fv (m ³ /jam)
	kg/jam	kmol/jam				
CaCO ₃	1689,31	16,89	0,51	2355,4650	1202,527	1,4048
SiO ₂	1520,38	25,34	0,46	2542,7060	1168,306	1,3014
MgCO ₃	5,225	0,026	0,0016	9569,7484	15,110	0,3458
Fe ₂ O ₃	1,742	0,011	0,0005	7181,5610	3,780	0,4608
Al ₂ O ₃	6,270	0,061	0,0019	3787,6513	7,177	0,8736
H ₂ O	86,033	4,780	0,0260	1000,0000	26,000	3,3090
Total	3308,95	47,11	1,00			7,6952

$$Fv = 7,6952 \frac{m^3}{jam}$$

$$C = \frac{\text{mol, kmol/jam}}{Fv, \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$C_{A0} = \frac{\text{mol}_{\text{CaCO}_3, \text{ kmol/jam}}}{Fv_{\text{total}, \text{ m}^3/\text{jam}}}$$

$$C_{A0} = \frac{16,89}{7,6952}$$

$$C_{A0} = 2,195 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$$

$$C_A = C_{A0} \times (1 - X_A)$$

$$C_A = 2,195 \times (1 - 0,51)$$

$$C_A = 1,074 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$$

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$-r_A = \frac{0,2467}{\text{jam}} \cdot 1,074 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$$

$$-r_A = 0,2650 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 \cdot \text{jam}}$$

Berdasarkan buku lavenspill, halaman : 94

input - output - reaksi = acc

$$-r_A V = \frac{d_{N_A}}{dt}$$

$$-k \cdot C_{A0}(1 - X_A) = \frac{1}{V} \cdot \frac{d[N_{A0} \cdot (1 - X_A)]}{dt}$$

$$-k \cdot C_{A0}(1 - X_A) = -\frac{N_{A0}}{V} \cdot \frac{dx_A}{dt}$$

$$-k \cdot C_{A0}(1 - X_A) = -C_{A0} \cdot \frac{dx_A}{dt}$$

$$k \cdot (1 - X_A) = \frac{dx}{dt}$$

$$dt = \frac{dx}{k \cdot (1 - X_A)}$$

$$t = \int \frac{1}{k} \cdot \frac{dx_A}{(1 - X_A)}$$

$$t = -\frac{1}{k} \cdot (\ln(1 - X_A))$$

$$V = t \times F_v$$

$$V = -\frac{1}{k} \cdot (\ln(1 - X_A)) \times F_v$$

Sehingga dengan nilai :

$$\text{Konstanta laju reaksi} = 0,2467/\text{jam}$$

$$\text{Konversi} = 0,80$$

$$\text{Volume laju alir} = 7,6952 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu reaksi yang didapat :

$$t = -\frac{1}{k} \cdot (\ln(1 - X_A))$$

$$t = -\frac{1}{0,2467} \cdot (\ln(1 - 0,80))$$

$$t = 6,5 \text{ jam}$$

Volume Bahan yang didapat :

$$V = -\frac{1}{k} \cdot (\ln(1 - X_A)) \times F_v$$

$$V = 6,5 \text{ jam} \times 7,6952 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

$$V = 50,2095 \text{ m}^3$$

C. Optimasi Reaktor

Tujuan dari optimasi yaitu untuk mengkontinyukan sistem batch guna mengoptimalkan dalam proses produksi secara maksimal dan mengetahui jumlah reaktor yang akan digunakan dalam proses produksi.

Penjadwalan Reaktor Sistem Batch

$$\text{Penentuan Jumlah Reaktor} = \frac{\text{waktu pengisian} + \text{pengosongan} + \text{reaksi}}{\text{pengisian}}$$

$$\text{Waktu pengisian} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu reaksi} = 7 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu pengosongan} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Siklus waktu} = 9 \text{ jam}$$

Reaktor/Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Batch 1	Red	Yellow	Blue														
Batch 2		Red	Yellow	Blue													
Batch 3			Red	Yellow	Blue												
Batch 4				Red	Yellow	Blue											
Batch 5					Red	Yellow	Blue										
batch 6						Red	Yellow	Blue									
Batch 7							Red	Yellow	Blue								
batch 8								Red	Yellow	Blue							
Batch 9									Red	Yellow	Blue						

Keterangan :

	Waktu pengisian
	Waktu reaksi
	Waktu pengosongan

Dengan demikian, jumlah reactor yang didapat agar proses berjalan optimal adalah sebanyak 9 reaktor. Hal ini disebabkan karena mengkontinyukan sistem batch guna mengoptimalkan dalam proses produksi secara maksimal.

D. Menghitung Desain Reaktor

Berdasarkan buku brownell & young 1959, diketahui perbandingan diameter dan tinggi reaktor yaitu $D:H = 1$.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Shell} &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H \\
 &= \frac{\pi}{4} \cdot D^3
 \end{aligned}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{shell}}{\pi}}$$

Keterangan :

D = Diameter *Vessel*

H = Tinggi *Vessel*

V = Volume *Vessel*

Volume Reaktor Over Desain 20% :

Volume *Shell* = Volume Bahan $\times 1,2$

Volume *Shell* = $50,2095 \text{ m}^3 \times 1,2$

Volume *Shell* = $60,2514 \text{ m}^3$

= 50209,530 L

= 15916,745 gallon

= 2127.761 ft^3

a) Menghitung Diameter dan Tinggi Shell

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{shell}}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 60,2514}{3,14}}$$

D = 4.249 m

= 167.3141 in

$$= 13.9427 \text{ ft}$$

$$D = H$$

$$\begin{aligned} H &= 4.249 \text{ m} \\ &= 167.3141 \text{ in} \\ &= 13.9427 \text{ ft} \end{aligned}$$

b) Menghitung Tinggi Bahan

$$H_c = \frac{V_{\text{Bahan}}}{V_{\text{shell}}} \cdot H_s$$

$$H_c = 3,541 \text{ m}$$

c) Menghitung Tekanan Desain

Dimana :

$$\text{Tekanan Operasi} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Grafitasi} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Factor kelonggaran} = 0,5$$

$$\text{Densitas Campuran, } \rho = 2422,8998 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung tekanan desain :

$$P_{\text{desain}} = (1 + \text{faktor kelonggaran}) \times (P_0)$$

$$P_{\text{desain}} = (1 + 0,5) \times (14,695)$$

$$P_{\text{desain}} = 22,04 \text{ psi}$$

d) Menghitung Tebal *Shell*

Menurut Brownell dan Young, untuk mengetahui tebal *shell* didapat pada persamaan berikut :

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959)

Keterangan :

t_s : Tebal dinding

P : Tekanan desain (32,270 psi)

r_i : Jari-jari, in (83,6570 in)

f : Allowable stress (4000 psi)

(Brownell & Young, 1959)

E : Efisiensi Pengelasan (0,80)

(Brownell & Young, 1959)

C : Corrosion Allowance (0,125)

Dengan persamaan diatas didapatkan tebal shell adalah sebesar 0,73 in. Maka dipilihlah tebal standart dari Brownell & Young, 1959. Halaman : 88, Tabel 5.6. adalah sebesar 1 in.

e) Spesifikasi Reaktor

Pada perhitunggan sebelumnya tebal shell standart yang didapat adalah 1 in, dengan demikian nilai standart straight flange (sf) adalah 1 ½ - 4 in. maka dari itu dipilihlah nilai standart straight flange (sf) sebesar 2 in (0,1667 ft).

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \cdot D^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \cdot (4,2498 \text{ m})^3$$

$$= 0,0038 \text{ m}^3$$

$$= 229,5056 \text{ in}^3$$

$$= 0,1328 \text{ ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 s f$$

$$\begin{aligned} V_{sf} &= 0,7202 \text{ m}^3 \\ &= 43949,2837 \text{ in}^3 \\ &= 25,4336 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{head}} = V_{\text{dish}} + V_{sf}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{head}} &= 0,724 \text{ m}^3 \\ &= 44178,789 \text{ in}^3 \\ &= 25,566 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Reaktor}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\ &= 61,6994 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

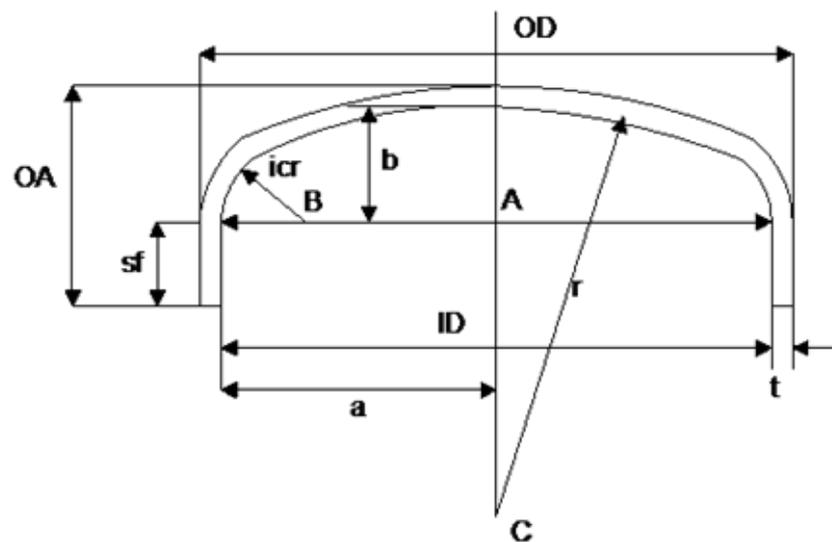
f) Menghitung Desain Head

Digunakan bentuk head jenis Torispherical Flanged & Dished Head dikarenakan mampu beroperasi hingga tekanan 15 bar ataupun tekanan atmosferic dan harganya lebih ekonomis.

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID}_{\text{shell}} + 2 \text{ ts} \\ \text{OD} &= 167,314 \text{ in} + 2 (1 \text{ in}) \\ &= 169,31 \text{ in} \\ &= 4,30 \text{ m} \end{aligned}$$

OD standart :

OD = 168 in
 ts = 1 in
 sf = 2 in
 icr = 10,125 in
 r = 144
 E = 0,80
 C = 0,125
 f = 4000



Keterangan :

ID = Diameter dalam *head*
 OD = Diameter luar *head*
 a = Jari-jari dalam *head*
 th = Tebal *head*
 r = Jari-jari *head*
 icr = Jari-jari dalam sudut *dish*
 b = Tinggi *head*
 sf = *Straight flange*
 OA = Tinggi *head* total
 W = *Stress intensification factor*

Menentukan tebal head ditentukan dengan persamaan berikut :

$$th = \frac{P r W}{(2fE - 0,2P)}$$

Keterangan :

th = tebal *head*

W = factor intensifikasi stress

$$= \frac{1}{4} (3 + \sqrt{\frac{r}{icr}})$$

$$= 1,6928 \text{ in}$$

f = *allowable stress* (4000 psi)

E = *join efficiency* (0,80)

C = *corrosion allowance* (0,125 in)

P = tekanan desain

Sehingga :

$$th = 0,795 \text{ in} \approx 0,8 \text{ in}$$

Maka dipilih th standart sebesar 0,875 (7/8 in).

ID standart :

$$ID = OD - 2 ts$$

$$ID = 166 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 83 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 72,875 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 133,875 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$AC = 112,3020$$

$$b = r - AC$$

$$b = 31,698$$

$$h_{\text{head}} = sf + b + t_{\text{head}}$$

$$h_{\text{head}} = 34,5730 \text{ in}$$

$$= 0,8782 \text{ m}$$

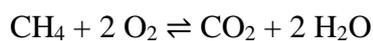
$$h_{\text{Reaktor}} = 2 h_{\text{head}} + h_{\text{shell}}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 6,0061 \text{ m}$$

E. Perancangan Furnace

Pada perancangan furnace, dipilih media pembakaran menggunakan gas metana. Dengan demikian pembakaran methana hanya membutuhkan O₂ untuk pembakaran. Hal ini telah dipertimbangkan bahwa pembakaran menggunakan gas methana sangat terjangkau dalam segi ekonomi.

Reaksi Pembakaran :



$$\Delta H^{\circ}_c = -890800 \text{ kJ/kmol at } 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Dimana mol CH}_4 = \frac{Q_{pp}}{\Delta H^{\circ}_c}$$

$$Q_{pp} = -2,56E+13 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga,

$$\text{Mol CH}_4 = 2,88E+07 \text{ kmol}$$

$$\text{Mol O}_2 = 6,91E+07 \text{ kmol}$$

$$\text{Mol N}_2 = 5,84E+08 \text{ kmol}$$

Mol oksigen didapat dari perbandingan koefisien reaksi yang kemudian dikalikan mol dari metana dan mol nitrogen didapatkan dari perbandingan antara oksigen dan nitrogen (O₂:N₂) yang ada dilingkungan yaitu 21:79.

a) Menghitung Suhu Api

$$Q_{in} - Q_{out} + Q_{combustion} = \text{akumulasi}$$

$$\sum n_{(O_2, CH_4, N_2)} \cdot Cp \cdot (T_1 - T_{ref}) - \sum n_{(CO_2, H_2O, N_2)} \cdot Cp \cdot (T_2 - T_{ref}) + Q_{combustion} = 0$$

$$\sum n_{(O_2, CH_4, N_2)} \cdot Cp \cdot (T_1 - T_{ref}) + Q_{combustion} = \sum n_{(CO_2, H_2O, N_2)} \cdot Cp \cdot (T_2 - T_{ref})$$

$$\frac{\sum n_{(O_2, CH_4, N_2)} \cdot Cp \cdot (T_1 - T_{ref}) + Q_{combustion}}{\sum n_{(CO_2, H_2O, N_2)} \cdot Cp} = (T_2 - T_{ref})$$

Tabel 6. Kapasitas panas

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₄	34,942	-4,00E-02	1,92E-04	-1,53E-07	3,93E-11
CO ₂	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13
N ₂	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
O ₂	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12
H ₂ O	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

$$\int C_p dT = A(T - T_{ref}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4)$$

Komponen Masuk

T1 = 303 K

Komponen	ni	$\int C_p \cdot dT$	$Q = n_i \cdot \int C_p \cdot dT$
	(kmol/jam)	(kJ/kmol)	(kJ/jam)
CH4	2,88E+07	1,82E+02	5,25E+09
N2	5,84E+08	1,45E+02	8,48E+10
O2	6,91E+07	8,68E+03	6,00E+11
Total			6,90E+11

Komponen Keluar

T2 = ... (dicari)

Komponen	ni	$\int C_p \cdot dT$	$Q = n_i \cdot C_p$
	(kmol/jam)	(kJ/kmol)	(kJ/jam)
N2	5,84E+08	3,68E+04	2,15E+13
O2	1,15E+07	3,97E+04	4,57E+11
CO2	2,88E+07	5,98E+04	1,72E+12
H2O	5,76E+07	4,69E+04	2,70E+12
Total			2,63E+13

Dimana dari penjabaran persamaan diatas didapatkan :

$$Q_{in} = 6,90E+11 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_c = 2,56E+13 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{out} = 2,63E+13 \text{ kJ/jam}$$

Sehingga suhu api (T2) yang didapat adalah dengan cara ruas kiri (Qin dan Qc) dikurangi ruas kanan (Qout) sehingga apabila di *Goal seek* maka nilai yang didapatkan sebesar 1473,15 Kelvin.

b) Menghitung Dimensi Furnace

Volume reactor over design 20 % :

$$\text{Volume Furnace} = \text{Volume Reaktor} \times 1,2$$

$$V_{Furnace} = 61,699 \text{ m}^3 \times 1,2$$

$$V_{Furnace} = 74,039 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{furnace}}{\pi}}$$

$$D : H = 1$$

Sehingga :

$$D: H = 5 \text{ m}$$

$$= 193 \text{ in}$$

$$= 16,2 \text{ ft}$$

Tinggi tungku diperoleh dari 70% dari tinggi furnace sehingga didapatkan tinggi adalah 3,2 meter. Hal ini dikarenakan sebagai sector radiasi dari pembakaran tersebut.

Kesimpulan		
Kode :	R-01	
Fungsi :	Untuk mereaksikan kalsium karbonat dengan pasir silika membentuk kalsium silikat	
Jenis :	Silinder vertikal dengan Head dan Bottom berbentuk Torispherical	
Mode Operasi :	Batch	
Kondisi Operasi :		
Tekanan Operasi :	1 atm	14,70 psi
Suhu Operasi :	1200 °C	1473 K
Kondisi Operasi :	Non-Isotermal	
Spesifikasi :		
Dimensi Reaktor		
Bahan Reaktor :	Stainless Stell SA-167 grade 11 Type 316	
Diameter shell :	4,250	m
Tinggi shell :	4,250	m
Volume shell :	60,251	m ³
Volume head :	0,724	m ³
Volume reaktor :	61,699	m ³
Tinggi reaktor :	6,006	m
Tinggi head (OA) :	0,878	m
Tebal shell :	1,000	in
Tebal head :	0,875	in

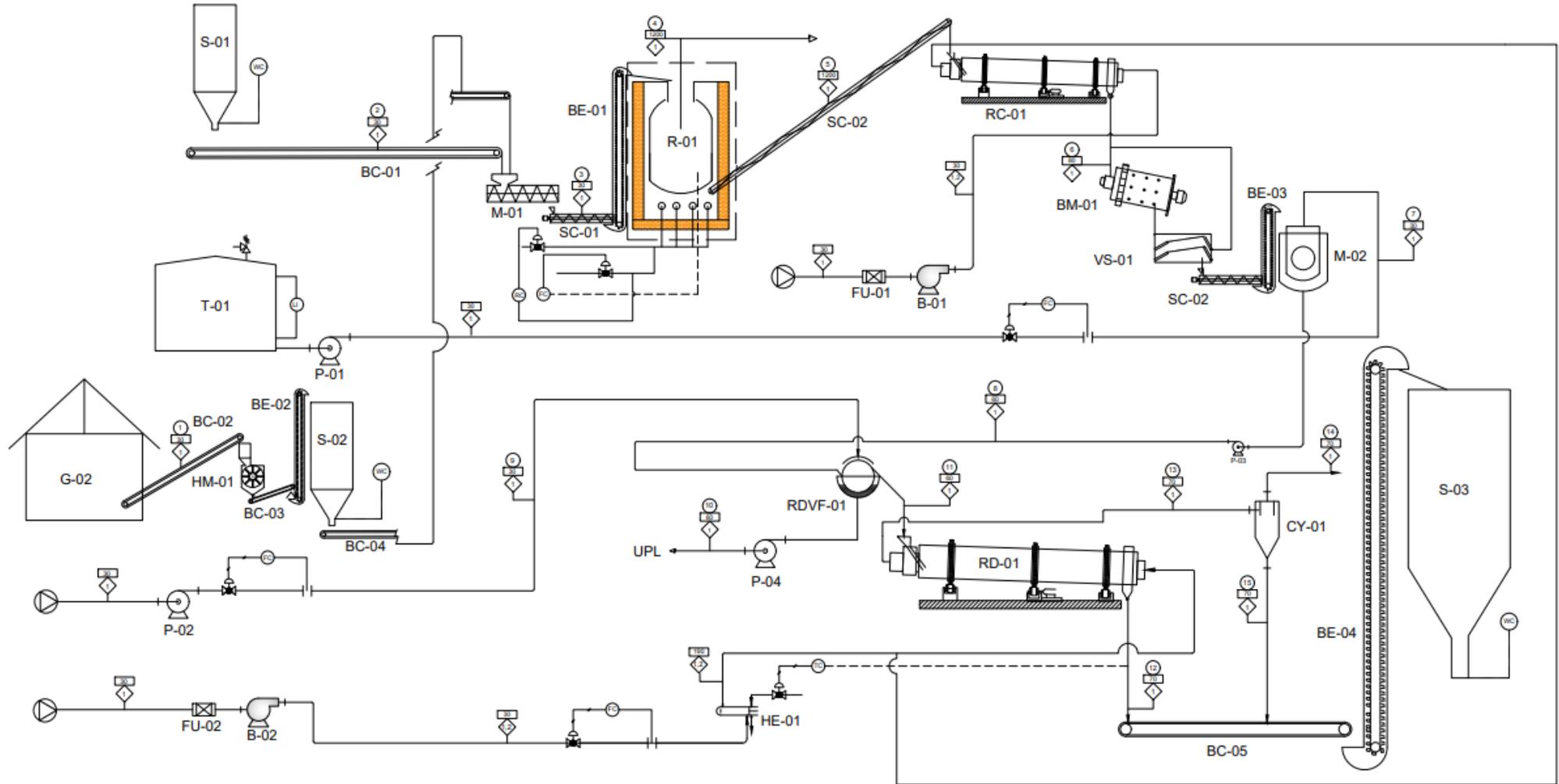
LAMPIRAN B

Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK CaSiO_3 DARI PASIR SILIKA

KAPASITAS : 20.000 ton/tahun



NERACA MASSA (kg/jam)

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
CaCO_3	2538.400		2538.400		505.920	505.920		505.920		480.624	25.296	24.790	0.506		0.506	
SiO_2		2374.560	2374.560		1062.432	1062.432		1062.432		1062.432						
MgCO_3	8.160		8.160		8.160	8.160		8.160		8.160	7.367	0.793	0.163		0.163	
Fe_2O_3	0.272	2.448	2.720		2.720	2.720		2.720		2.720	2.686	0.054	0.054		0.054	
Al_2O_3	2.448	7.344	9.792		9.792	9.792		9.792		9.792	9.596	0.196	0.196		0.196	
CaSiO_3					2487.168	2487.168		2487.168			2487.168	2437.425	49.743		49.743	
CO_2				867.440												
H_2O	70.720	63.648	134.368	134.368					16216.394	15405.565	810.819	17.433	793.387	793.387		
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$								4032.000	4032.000	4032.000						
Total	2720.000000	2448.000000	5168.000000	1091.808000	4076.192000	4076.192000		4032.000000	8108.192000	16216.394000	20960.621000	3343.955000	2499.907000	844.049000	793.387000	50.662000

Keterangan	
HM	Hammer Mill
M	Mixer
R	Reaktor
RC	Roller Cooler
SM	Ball Mill
VS	Vibrating Screen
CF	Centrifuge
RDVF	Rotari Drum Vakum Filter
RD	Rotary Dryer
CY	Cyclone
BE	Bachel Elevator
BC	Ball Conveyor
SC	Screw Conveyor
P	Pompa

Simbol	
	Nomor Anus
	Suhu
	Tekanan
	Pipa
	Pneumatik
	Luak
Pengendali	
FC	Pengendali arus
LC	Pengendali Keltinggan
LI	Pengukur Keltinggan
RC	Ratio Controller
TC	Pengendali Suhu
VM	Pengukur Volume
WC	Weight Controller



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK KALSIMUM SILKAT DARI PASIR SILIKA
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Dusun Oleh:

- ALFINA FAJARIA 19521126
- MUHAMMAD HARUN AR RASYID 19521138

Dosen Pembimbing:

UMI ROFIQAH, S. T., M. T.

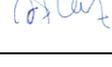
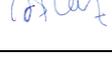
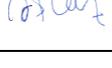
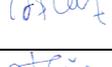
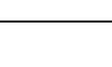
LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Muhammad Harun Ar Rasyid
No. MHS : 19521138
2. Nama Mahasiswa : Alfina Fajaria
No. MHS : 19521126
- Judul Prarancangan :

PRA RANCANGAN PABRIK KALSIUM SILIKAT DARI PASIR SILIKA DENGANKAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**
Batas Akhir Bimbingan : **8 April 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	01-11-2022	Penentuan kapasitas pra rancangan pabrik	
2	16-11-2022	Konsultasi dan Pengumpulan luaran 1	
3	08-12-2022	Konsultasi terkait termodinamika dan kinetika	
4	23-12-2022	Konsultasi terkait termodinamika dan kinetika	
5	12-01-2023	Konsultasi dan pengumpulan luaran 2-3	
6	14-03-2023	Konsultasi neraca massa dan spesifikasi	
7	26-05-2023	Konsultasi perancangan reactor	

8	02-06-2023	Konsultasi perancangan reactor	
9	22-06-2023	Konsultasi perancangan reactor	
10	04-07-2023	Konsultasi alat proses dan NP	
11	14-07-2023	Konsultasi transportasi, alat kecil dan NP	
12	17-07-2023	Konsultasi Utilitas	
13	04-08-2023	Konsultasi evaluasi ekonomi dan naskah	

**Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 9 Agustus 2023
Pembimbing,**



Umi Rofiqah, S.T., M.T.

