

PRARANCANGAN PABRIK
BARIUM KARBONAT DARI BARIUM SULFIDA DAN
KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Rahmi Indah Safitri

Nama : Meyfika Pangestika

No. Mahasiswa : 18521114

No. Mahasiswa : 18521144

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rahmi Indah Safitri Nama : Meyfika Pangestika
No. Mahasiswa : 18521114 No. Mahasiswa : 18521144

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik 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.



Rahmi Indah Safitri
NIM. 18521114



Meyfika Pangestika
NIM. 18521144

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

					
PRARANCANGAN PABRIK					
Oleh :					
Nama	:	Rahmi Indah Safitri	Nama	:	Meyfika Pangestika
No. Mahasiswa	:	18521114	No. Mahasiswa	:	18521144
Yogyakarta, 29 April 2023					
Pembimbing I,			Pembimbing II,		



Ir. Suharno Rusdi Ph.D.



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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Rahmi Indah Safitri Nama : Meyfika Pangestika
No. Mahasiswa : 18521114 No. Mahasiswa : 18521144

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

Yogyakarta, 10 Mei 2023

Tim penguji,

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.
Ketua

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.
Anggota I

Umi Rofiqah, S.T., M.T.
Anggota II

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Cholila Tamzisy, S.T., M.Eng.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr., Wb

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Barium Karbonat dari Barium Sulfida dan Karbon Dioksida Kapasitas 5.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah dan inayah-Nya
2. Orang tua dan keluarga atas kasih sayang, perhatian, doa serta dukungan moril maupun materiil yang telah diberikan sejauh ini
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
4. Ibu Cholila Tamzisy, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Ir. Suharno Rusdi Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

7. Kepada partnerku atas kerjasamanya
8. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan dan penyusunan tugas akhir ini.

Penyusun menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Untuk itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis diharapkan untuk memperbaiki penyusunan di masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 29 April 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1 Supply	2
1.2.2 Demand	4
1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri dan Kebutuhan Barium Karbonat di Luar Negeri.....	6
1.2.4 Peluang Kapasitas	8
1.3 Tinjauan Pustaka	9
1.3.1 Barium Sulfida	9
1.3.2 Karbon Dioksida (CO ₂).....	10
1.3.3 Barium Karbonat	10
1.3.4 Pemilihan Proses.....	11
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	14
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	14
1.4.2 Tinjauan Kinetika	16
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	19
2.1 Spesifikasi Produk	19
2.1.1 Barium Karbonat	19
2.1.2 Hidrogen Sulfida.....	21
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	23
2.2.1 Barium Sulfida	23

2.2.2	Karbon Dioksida	24
2.3	Pengendalian Kualitas	26
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	26
2.3.2	Pengendalian Kualitas Proses Produksi	26
2.3.1	Pengendalian Kualitas Produk	27
BAB III	PERANCANGAN PROSES	29
2.4.1	Alir Proses dan Material.....	29
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif.....	29
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif	30
3.2	Uraian Proses	31
3.2.1	Persiapan Bahan Baku	31
3.2.2	Proses Reaksi Pembuatan Produk.....	31
3.2.3	Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk	32
3.3	Spesifikasi Alat	32
3.3.1	Spesifikasi Reaktor.....	32
3.3.2	Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah	34
3.3.3	Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	37
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi	39
3.3.5	Spesifikasi Expansion Valve	41
3.4	Neraca Massa	45
3.4.1	Neraca Massa Total	45
3.4.2	Neraca Massa Alat	46
3.5	Neraca Panas.....	48
BAB IV	PERANCANGAN PABRIK	50
4.1	Lokasi Pabrik.....	50
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	51
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	52
4.2	Tata Letak Pabrik	53
4.3	Tata Letak Alat Proses.....	56
4.4	Organisasi Perusahaan	58
4.4.1	Bentuk Organisasi	58
4.4.2	Struktur Organisasi.....	60
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	62

4.4.4	Karyawan.....	66
4.4.5	Rencana Kerja	66
4.4.6	Sistem Penggajian Karyawan	68
4.4.7	Fasilitas dan Hak Karyawan	72
BAB V UTILITAS		74
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	74
5.1.1	Unit Penyediaan Air	74
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	79
5.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generator System</i>)	82
5.3	Unit Pembangkit Listrik	83
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan	86
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	87
5.6	Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan	87
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas	89
BAB VI EVALUASI EKONOMI		98
6.1	Penaksiran Harga Alat	99
6.2	Dasar Perhitungan	103
6.3	Komponen Biaya	103
6.4	Analisa Keuntungan.....	107
6.5	Analisa Kelayakan.....	107
BAB VII PENUTUP.....		113
7.1	Kesimpulan	113
7.2	Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA		115
LAMPIRAN A.....		118
LAMPIRAN B		139
LAMPIRAN C		141

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Impor Barium Karbonat di Indonesia	2
Tabel 1.2 Persen Pertumbuhan Barium Karbonat.....	3
Tabel 1.3 Estimasi Impor Barium Karbonat	4
Tabel 1.4 Ekspor Barium Karbonat	5
Tabel 1.5 Konsumsi Barium Karbonat.....	6
Tabel 1.6 Data Pabrik Barium Karbonat di Dunia	7
Tabel 1.7 Data Impor Barium Karbonat di Beberapa Negara.....	8
Tabel 1.8 Perbandingan Metode Karbonasi dengan Metode Soda Ash untuk pembuatan barium karbonat	13
Tabel 1.9 Nilai Entalpi Pembentukan (ΔH_f°).....	14
Tabel 1.10 Nilai Energi Gibbs (ΔG_f°).....	15
Tabel 2.1 Sifat Fisis Barium Karbonat.....	19
Tabel 2.2 <i>Hazard Diamond</i> pada Barium Karbonat	20
Tabel 2.3 Sifat Fisis Hidrogen Sulfida.....	21
Tabel 2.4 <i>Hazard Diamond</i> pada Hidrogen Sulfida.....	22
Tabel 2.5 Sifat Fisis Barium Sulfida	23
Tabel 2.6 <i>Hazard Diamond</i> pada Barium Sulfida.....	24
Tabel 2.7 Sifat Fisis Karbon Dioksida	24
Tabel 2.8 <i>Hazard Diamond</i> pada Karbon Dioksida.....	25
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku, Bahan Pendukung & Produk	37
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan.....	39
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan.....	40
Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Gas (Blower).....	41
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	41
Tabel 3.6 Spesifikasi Heater (HE-01)	42
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-02).....	43
Tabel 3.8 Neraca Massa Total.....	45
Tabel 3.9 Neraca Massa <i>Mixer</i>	46

Tabel 3.10 Neraca Massa Reaktor	46
Tabel 3.11 <i>Neraca Massa Rotary Drum Vacum Filter (RDVF)</i>	47
Tabel 3.12 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	47
Tabel 3.13 Neraca Massa <i>Ball Mill</i>	48
Tabel 3.14 Neraca Panas <i>Mixer (M-01)</i>	48
Tabel 3.15 Neraca Panas Reaktor (R-01).....	48
Tabel 3.16 Neraca Panas <i>Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-01)</i>	49
Tabel 3.17 Neraca Panas <i>Rotary Dryer (RD-01)</i>	49
Tabel 3.18 Neraca Panas <i>Ball Mill (BM-01)</i>	49
Tabel 4.1 Luas Bangunan Pabrik	55
Tabel 4.2 Jadwal Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	67
Tabel 4.3 Pembagian Kerja Menurut <i>Shift</i>	67
Tabel 4.4 Jadwal Jam Kerja Karyawan <i>Non-shift</i>	68
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik	75
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin	75
Tabel 5.3 Kebutuhan Air <i>Steam</i>	76
Tabel 5.4 Kebutuhan Air Proses	77
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	83
Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	84
Tabel 5.7 Total Kebutuhan Listrik.....	86
Tabel 5.8 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas.....	89
Tabel 5.9 Spesifikasi Bak Utilitas.....	91
Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki.....	92
Tabel 5.11 Spesifikasi <i>Screener</i> Utilitas	94
Tabel 5.12 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> Utilitas	94
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Clarifier</i>	95
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> Utilitas	95
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Deaerator</i>	96
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i>	96
Tabel 5.17 Spesifikasi <i>Boiler</i>	97
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2018	99
Tabel 6.2 Harga Alat Proses.....	101

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas	102
Tabel 6.4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	103
Tabel 6.5 <i>Direct Plan Cost</i> (DPC)	104
Tabel 6.6 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	104
Tabel 6.7 <i>Working Capital Investment</i> (WCI)	104
Tabel 6.8 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	105
Tabel 6.9 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	105
Tabel 6.10 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	106
Tabel 6.11 <i>Total Manufacturing Cost</i>	106
Tabel 6.12 <i>General Expense</i> (GE)	106
Tabel 6.13 <i>Total Production Cost</i>	107
Tabel 6.14 <i>Annual Fixed Manufacturing Cost</i> (Fa)	109
Tabel 6.15 <i>Annual Regulated Expenses</i> (Ra).....	109
Tabel 6.16 <i>Annual Variable Value</i> (Va)	110
Tabel 6.17 <i>Annual Sales Value</i> (Sa).....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ekspor Barium Karbonat.....	5
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	30
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik.....	50
Gambar 4.2 <i>Layout</i> Pabrik Barium Karbonat	56
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses	58
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik Barium Karbonat	62
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.....	78
Gambar 6.1 Grafik Regresi Linear.....	100
Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi	112

ABSTRAK

Barium karbonat merupakan senyawa anorganik yang memiliki rumus kimia BaCO_3 , barium karbonat digunakan pada berbagai industri yaitu batu bata, kaca, keramik, pengeboran minyak, fotografi dan kimia. Pemenuhan kebutuhan barium karbonat di Indonesia masih dilakukan dengan mengimpor sehingga pembangunan pabrik barium karbonat sangat diperlukan. Perancangan pabrik dengan kapasitas 5.000 ton/tahun ini nantinya akan didirikan di daerah Jarangkuwung, Kabupaten Gresik. Pendirian pabrik ini didasarkan pada beberapa pertimbangan seperti sumber bahan baku, transportasi, ketersediaan tenaga kerja dan juga kondisi lingkungan. Pembuatan barium karbonat dilakukan dengan mereaksikan barium sulfida (BaS) dengan karbon dioksida (CO_2) menggunakan reaktor gelembung secara kontinyu dengan kondisi operasi 30°C dan 1 atm. Bahan baku barium sulfida yang diperlukan sebanyak 1.083,796 kg/jam sedangkan karbon dioksida sebanyak 140,793 kg/jam. Kebutuhan utilitas meliputi total kebutuhan air sebanyak 20.081 kg/jam, serta listrik untuk alat proses dan utilitas sebanyak 141,487 kW. Pabrik barium karbonat ini memiliki tingkat resiko tinggi (*high risk*), sehingga besaran pajak yang digunakan 25%, dengan kategori ROI minimal 44%, nilai POT maksimal sebesar 2 tahun dan BEP sebesar 40-60%. Hasil evaluasi ekonomi pabrik barium karbonat menunjukkan nilai keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 85.591.505.605, dari perhitungan didapatkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 45,18% dan setelah perhitungan pajak sebesar 33,88% *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,8 tahun dan setelah pajak 2,3 tahun, BEP (*Break Even Point*) sebesar 41,03%, SDP (*Shut Down Point*) sebesar 24,06% dan nilai DCFR (*Discounted Cash Flow Rate*) sebesar 23,79%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik barium karbonat secara ekonomi layak untuk didirikan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan.

Kata Kunci: Barium Karbonat, Barium Sulfida, Karbon Dioksida

ABSTRACT

Barium carbonate is an inorganic compound that has chemical formula BaCO_3 . Barium carbonate is used in various industries such as brick, glass, ceramics, oil drilling, photography, and chemistry. However, in Indonesia, the fulfillment of barium carbonate needs is still done by importing, making the construction of a barium carbonate factory necessary. The factory design with a capacity of 5,000 tons/year will later be established in the Jarangkuwung area, Gresik, East Java. The establishment of this plant is based on several considerations such as raw material resources, transportation, labor availability, and environmental conditions. Barium carbonate production is carried out by reacting barium sulfide (BaS) with carbon dioxide (CO_2) using a continuous bubble reactor under operating conditions of 30°C and 1 atm. The required amount of barium sulfide raw material is 1083.796 kg/hour, while carbon dioxide is 140.793 kg/hour. Utilities include 20,081 kg/hour of the total water and 141.487 kW for electricity of process equipments and utilities. This barium carbonate factory has a high-risk level, so the tax rate used is 25%, the minimum ROI is 44%, the maximum POT value of 2 years, and a BEP of 40-60%. The economic evaluation results of the barium carbonate plant indicate a pre-tax profit value of IDR. 85.591.505.605, the pre-tax ROI value is 45,18% and after-tax ROI is 33,88%, Pay Out Time (POT) before tax is 1.8 years and after tax is 2.3 years, BEP (Break Even Point) is 41.03%, SDP (Shut Down Point) is 24.06%, and the DCFR (Discounted Cash Flow Rate) value is 23.79%. Based on the results of economic evaluation, it can be concluded that the barium carbonate plant is economically feasible to establish and has great potential to be developed.

Keywords: Barium Carbonate, Barium Sulfide, Carbon Dioxide.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri di Indonesia pada saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Seiring dengan perkembangan zaman, industri yang menggunakan bahan mentah dan bahan setengah jadi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi didirikannya unit-unit industri. Salah satu bentuk unit industri di Indonesia adalah industri kimia, industri kimia meliputi petrokimia, agrokimia, farmasi, polimer, cat, dan oleokimia, ini menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan oleh industri kimia berperan penting dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya industri pembuatan keramik, kaca, batu bata yang menggunakan Barium Karbonat sebagai bahan baku.

Di Indonesia, industri keramik mengalami perkembangan yang sangat baik dengan lebih dari 35 pabrik keramik yang telah berdiri. Pada tahun 2021 industri keramik di Indonesia menempati urutan 8 di dunia dengan kapasitas produksi terpasang sebesar 538 juta m²/tahun. Besarnya industri keramik di Indonesia menunjukkan besarnya kebutuhan akan barium karbonat sebagai salah satu bahan bakunya. Pada industri keramik, barium karbonat digunakan sebagai bahan fluks keramik untuk enamel, glasir, dan badan keramik.

Barium karbonat merupakan zat kimia organik dengan rumus molekul BaCO₃. Barium karbonat umumnya dijumpai dalam bentuk bubuk putih yang halus dengan berat molekul 197,37 dengan ukuran partikel bervariasi dari 0,1-10 µm sesuai dengan grade dan memiliki densitas 4,25 g/cm³ (Othmer, 1960). Kebutuhan barium karbonat di Indonesia cukup tinggi namun, untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia masih mengimpor dari negara lain seperti Cina, India, Spanyol, Korea, Jepang, Jerman dan Taiwan. Tingginya angka impor ini menyebabkan tingginya penggunaan devisa negara.

Penghematan devisa negara dapat dilakukan dengan mendirikan pabrik barium karbonat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan

pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka kesempatan untuk alih teknologi, membuka lapangan kerja baru, menghemat devisa negara dan membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk dari pabrik tersebut.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pendirian suatu pabrik bertujuan memenuhi kebutuhan tertentu, misalnya pengolahan lanjut untuk memberikan nilai tambah pada bahan baku, memenuhi permintaan ekspor, atau menggantikan bahan yang selama ini diperoleh dari impor. Dalam penentuan kapasitas pabrik perlu dipertimbangkan beberapa faktor, antara lain: kapasitas pabrik yang telah berdiri dan kebutuhan produk.

1.2.1 Supply

Supply suatu produk diperoleh dari impor barium karbonat dan produksi barium karbonat dalam negeri. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik), data impor barium karbonat sebagai bahan kimia dari tahun 2016 sampai 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Impor Barium Karbonat di Indonesia

Tahun	Tahun ke-	Kapasitas (Ton/Tahun)
2016	1	2.225,122
2017	2	2.091,306
2018	3	2.597,631
2019	4	2.191,339
2020	5	1.700,515
2021	6	1.507,563
2022	7	1.807,485

(Sumber: BPS dan undata, 2022)

Berdasarkan tabel di atas, barium karbonat yang diimpor cukup tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa Indonesia masih membutuhkan barium karbonat dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri. Data di atas dapat dianalisis dengan metode persen pertumbuhan menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{ pertumbuhan} = \frac{(\text{Impor tahun } n - \text{Impor tahun } n - 1)}{\text{Impor tahun } n - 1} \times 100$$

Nilai persen pertumbuhan pada tiap tahun yang telah dihitung menggunakan persamaan di atas dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Persen Pertumbuhan Barium Karbonat

Tahun	% Pertumbuhan
2016	-
2017	-6,014
2018	24,211
2019	-15,641
2020	-22,398
2021	-11,347
2022	19,894
Rata-rata	-1,882

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh nilai rata-rata persen pertumbuhan sebesar -1,882%. Kemudian nilai rata-rata persen pertumbuhan tersebut digunakan untuk menentukan estimasi impor barium karbonat pada tahun 2027 menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Estimasi Impor} = \left(\frac{\text{Rata - rata \% pertumbuhan}}{100} \times \text{impor tahun } n - 1 \right) + \text{impor tahun } n - 1$$

Estimasi impor barium karbonat pada tiap tahun yang telah dihitung menggunakan persamaan di atas dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Estimasi Impor Barium Karbonat

Tahun	Estimasi Impor (Ton/Tahun)
2022	1.807,485
2023	1.773,461
2024	1.740,078
2025	1.707,323
2026	1.675,184
2027	1.643,651

Berdasarkan Tabel 1.3 di atas, diperkirakan untuk tahun 2027 kebutuhan impor barium karbonat di Indonesia sebesar 1.643,651 ton/tahun.

Sementara saat ini, belum terdapat perusahaan di Indonesia yang memproduksi barium karbonat. Perusahaan di Indonesia seperti perusahaan keramik yang menggunakan barium karbonat sebagai bahan baku, mendapatkan bahan barium karbonat melalui impor dari negara lain seperti Cina, India, Jerman dan beberapa negara lain untuk produksi di Indonesia.

1.2.2 *Demand*

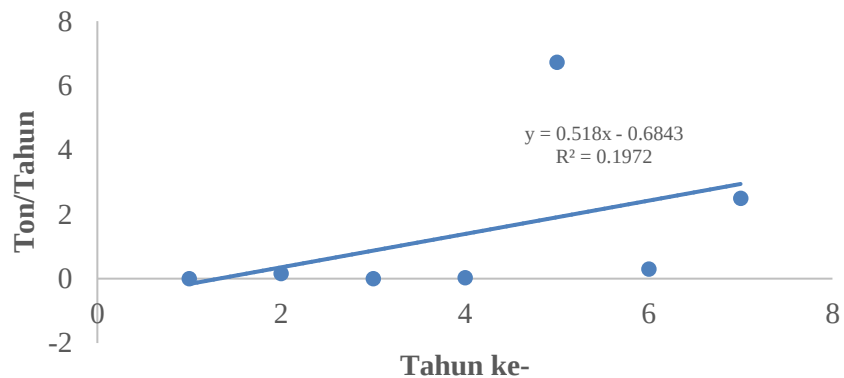
Nilai *demand* didapatkan dari nilai ekspor dan konsumsi barium karbonat. Berikut merupakan data ekspor barium karbonat yang dilakukan oleh Indonesia dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 1.4 Ekspor Barium Karbonat

Tahun	Tahun ke-	Kapasitas (Ton/Tahun)
2016	1	0
2017	2	0,16
2018	3	0
2019	4	0,03
2020	5	6,723
2021	6	0,3
2022	7	2,5

(Sumber: BPS, 2022)

Berdasarkan tabel di atas, ekspor barium karbonat yang dilakukan oleh indonesia tiap tahunnya sangat kecil. Data di atas dapat dianalisis dengan metode regresi linear untuk menentukan estimasi ekspor barium karbonat pada tahun 2027 yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Ekspor Barium Karbonat

Jika dilakukan pendekatan regresi linier, akan diperoleh persamaan :

$$y = 0,518x - 0,6843$$

dengan :

y = Jumlah Ekspor Barium Karbonat (ton/tahun)

x = Tahun (2027)

Jadi, untuk tahun 2027 diperkirakan Indonesia mengekspor Barium Karbonat $\pm$ sebesar 1.117,002 ton/tahun. Saat ini, belum terdapat perusahaan di Indonesia yang memproduksi Barium Karbonat. Berikut merupakan data konsumsi Barium Karbonat di Indonesia :

Tabel 1.5 Konsumsi Barium Karbonat

Kategori Penggunaan	Jumlah (Ton/Tahun)
Industri bahan bangunan dari tanah liat/keramik	38,65
	1.347,525
	0,078
	0,01
	0,101
	18
	8,13
Industri barang tanah liat/keramik bukan bahan bangunan	0,101
	0,66
	137,439
	29,4
Industri bahan kimia lainnya	12,505
Industri fotografi dan percetakan	186,437
Industri cat	285,336
Total	2.064,372

(Sumber: Data Statistik Industri Manufaktur Bahan Baku, 2020)

Konsumsi barium karbonat pada tahun 2020 dari berbagai sektor industri sebesar 2.064,372 ton/tahun

1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri dan Kebutuhan Barium Karbonat di Luar Negeri

Penentuan kapasitas pabrik suatu produk yang akan didirikan perlu mempertimbangkan keberadaan pabrik-pabrik serupa yang telah berdiri. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran rentang kapasitas pabrik yang layak. Untuk mendirikan pabrik barium karbonat yang baru di Indonesia, perlu dicari data pabrik barium karbonat yang telah berdiri sebelumnya.

Tabel 1.6 Data Pabrik Barium Karbonat di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Changsha Hecom Chemical Co., Ltd	China	40.000
Hubei Jingshan Chutian Barium Salt Co., Ltd.	China	70.000
Zaozhuang Yongli Chemical Co., Ltd.	China	25.000
Shaanxi Ankang Jianghua Group Co., Ltd.	China	40.000
Rahul Barium Pvt., Ltd	India	12.000
Guizhou Hongkai Chemical Co., Ltd	China	50.000
Hengyang Jinnuo Chemical Co., Ltd	China	240.000
Chaitanya Chemicals	India	5.000

(Sumber: gmdu.net, 2022)

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa pendirian pabrik barium karbonat akan menguntungkan pada rentang kapasitas antara 5.000 – 240.000 ton/tahun.

Berikut merupakan data perkembangan impor barium karbonat di beberapa negara dalam kurun waktu 2016 – 2020 sebagai berikut:

Tabel 1.7 Data Impor Barium Karbonat di Beberapa Negara

No	Negara	Tahun	Impor (Ton/Tahun)	%Pertumbuhan
1	Vietnam	2016	2.778,717	
		2017	3.429,869	23,433
		2018	3.945,353	15,029
		2019	5.031,271	27,524
		2020	4.586,083	-8,848
Rata-Rata Pertumbuhan				14,285
2	Malaysia	2016	863,519	
		2017	1.037,1	20,102
		2018	679,855	-34,446
		2019	987,141	45,199
		2020	1.033,443	4,690
Rata-Rata Pertumbuhan				8,886

(Sumber: Uncomtrade, 2016 - 2020)

Berdasarkan data persen pertumbuhan impor di atas diperoleh rata-rata %Pertumbuhan bernilai positif sehingga dapat diperkirakan kebutuhan impor di beberapa negara pada tahun 2027 akan mengalami peningkatan.

1.2.4 Peluang Kapasitas

Kapasitas pabrik dapat ditentukan berdasarkan selisih antara kebutuhan (*demand*) dan ketersediaan (*supply*) suatu bahan. Kebutuhan diperoleh dari konsumsi dalam negeri dan ekspor. Sedangkan ketersediaannya diperoleh dari produksi pabrik yang sudah berdiri dan impor.

Karena data konsumsi barium karbonat yang tersedia hanya tahun 2020 maka, diasumsikan konsumsi barium karbonat pada tahun 2027 = konsumsi barium karbonat 2020 = 2.064,372 ton/tahun

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas Pabrik} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\
&= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\
&= (2.064,372 + 1.117,002) - (0 + 1.643,651) \\
&= 1.597,724 \text{ ton/ tahun}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *demand-supply*, peluang kapasitas produksi yang diperoleh pada tahun 2027 sebesar 1.597,724 ton/tahun, sementara kapasitas terkecil pabrik barium karbonat yang telah berdiri sebesar 5.000 ton/tahun. Terlihat bahwa peluang kapasitas pendirian pabrik ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan pabrik barium karbonat yang telah berdiri di mancanegara. Namun jika dilihat dari data permintaan impor pada beberapa negara, masih sangat banyak negara yang membutuhkan barium karbonat. Sehingga dapat ditentukan kapasitas pabrik barium karbonat dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik barium karbonat terkecil yang telah berdiri, pengurangan ketergantungan impor dalam negeri serta kelebihan produk akan diekspor untuk memenuhi kebutuhan impor di beberapa negara dipilih kapasitas pabrik yang dipilih sebesar 5.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Barium Sulfida

Barium sulfida berbentuk abu hitam (*black ash*) yang dihasilkan dari *barite* (BaO) melalui proses reduksi karbon pada suhu tinggi (1000°C - 1250°C) pada kondisi tanpa oksigen. Proses ini disebut dengan reaksi karbotermik. Barium sulfida juga dapat diproduksi menggunakan barium sulfat (BaSO₄) dengan metana. Barium sulfida umumnya dipasarkan dengan konsentrasi 80 - 90% BaS. Barium sulfida digunakan untuk cat yang bercahaya, zat penghilang bulu (*dehairing*), sebagai penghambat api, dan memproduksi H₂S (Patnaik, 2003).

1.3.2 Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (zat asam arang) merupakan senyawa kimia yang terbentuk dari dua atom oksigen yang berikatan secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Pada keadaan temperatur dan tekanan standar karbon dioksida (CO₂) berwujud gas serta tersedia di atmosfer (Astuti & Thoha, 2017). Konsentrasi CO₂ di atmosfer selama tahun 1960-1990 mengalami peningkatan yang signifikan berdasarkan volume dari sekitar 320 ppm menjadi 356 ppm, yang kemungkinan disebabkan oleh pertumbuhan industri dan emisi CO₂ dari kendaraan bermotor mobil. Pemanfaatan karbon dioksida secara komersial sangat luas yaitu sebagai bahan pembuat minuman berkarbonasi, sebagai pembuatan karbonat, sebagai es kering (CO₂) untuk pendinginan, sebagai propelan aerosol; sebagai gas pelindung untuk pengelasan (Patnaik, 2003).

Senyawa CO₂ dapat diperoleh secara alami dari lingkungan dan dapat diperoleh secara komersial dari produk samping industri. Gas CO₂ dihasilkan melalui proses dekomposisi bahan organik serta melalui respirasi dan pembakaran. Pada suhu kamar CO₂ tidak berbau, tidak berwarna dan tidak dapat terbakar. Karbon dioksida pada konsentrasi tinggi bersifat racun pada hewan dan manusia.

1.3.3 Barium Karbonat

Barium karbonat sering dijumpai di alam sebagai *mineral witherite*. Barium karbonat merupakan senyawa anorganik yang memiliki rumus kimia BaCO₃ dan massa molekul relatif (Mr) 197,37. Beberapa unit industri menggunakan barium karbonat sebagai salah satu bahan bakunya. Contohnya digunakan dalam industri batu bata, kaca, keramik, pengeboran minyak, fotografi dan kimia. Beberapa manfaat barium karbonat sebagai berikut:

- Dalam industri batu bata, barium karbonat dicampur dengan tanah liat basah. Dalam proses tersebut, barium karbonat berfungsi untuk melumpuhkan garam-garam yang larut dalam air sehingga warna bata merah yang dihasilkan seragam.

- Dalam industri kaca, barium ditambahkan ke kaca sebagai barium karbonat atau barium oksida untuk meningkatkan indeks bias kaca optik.
- Dalam industri keramik, barium karbonat digunakan sebagai bahan fluks untuk enamel, glasir, dan badan keramik.
- Digunakan dalam pembuatan tabung gambar televisi dan kertas foto.
- Digunakan dalam pengeboran sumur minyak untuk melarutkan *gypsum* dan menghambat koagulasi.
- Dalam metalurgi besi barium karbonat digunakan untuk karburasi baja.
- Untuk membuat garam barium lainnya. Banyak garam barium dibuat dengan menggunakan barium karbonat sebagai bahan dasar.

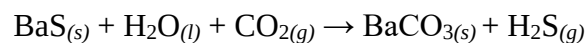
(Patnaik, 2003)

1.3.4 Pemilihan Proses

Secara komersial pembuatan Barium Karbonat dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu:

1. Metode Karbonasi

Pembuatan barium karbonat dengan metode karbonasi dilakukan dengan mereaksikan barium sulfida (BaS) dengan karbon dioksida (CO₂) pada suhu operasi 30-90°C, reaksi yang terjadi sebagai berikut:

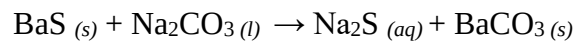


Proses ini dilakukan dengan melewati karbon dioksida (CO₂) pada larutan barium sulfida (BaS) untuk meningkatkan karbonisasinya sehingga dihasilkan bubur barium karbonat (BaCO₃) yang kemudian dicuci untuk menghilangkan kandungan belerangnya, selanjutnya dilakukan penyaringan vakum lalu dikeringkan untuk membantu menghilangkan kelembaban dan selanjutnya padatan barium karbonat (BaCO₃) dihaluskan untuk menghasilkan bentuk bubuk padat barium karbonat (BaCO₃).

Pada proses ini karbon dioksida tersedia dengan biaya rendah dan dalam konsentrasi tinggi. Produk samping berupa hidrogen sulfida yang dapat diubah menjadi senyawa belerang atau unsur belerang.

2. Metode *Soda Ash*

Pembuatan barium karbonat pada metode ini dilakukan dengan mereaksikan barium sulfida dengan natrium karbonat (*soda ash*) dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dalam proses ini, barium sulfida dan *soda ash* dari tempat penyimpanan dilarutkan dengan air di dalam tangki pelarut., selanjutnya memasuki reaktor dengan suhu 60°C dan menghasilkan sodium sulfida (Na₂S) yang berupa larutan dan barium karbonat (BaCO₃) berupa endapan. Endapan kemudian dikeringkan menggunakan *dryer* setelah dipisahkan dari Na₂S dan BaCO₃. Setelah BaCO₃ kering, dilakukan *sizing* dengan menggunakan *mill* dan terakhir *packaging* untuk penyimpanan.

Proses pembuatan barium karbonat menggunakan metode *soda ash* ini bergantung pada pasar natrium sulfida, ketersediaan bahan bakar yang murah dan lain-lain. Metode *soda ash* juga membutuhkan investasi terbesar karena membutuhkan pemisahan natrium sulfida dari barium karbonat dan mengubah natrium sulfida menjadi produk yang dapat dijual.

Tabel 1.8 Perbandingan Metode Karbonasi dengan Metode Soda Ash untuk pembuatan barium karbonat

Pembuatan Barium Karbonat		
Parameter	Karbonasi	Soda Ash
Bahan Baku	BaS	BaS
Aspek Teknis		
1. Pereaksi	CO ₂	Na ₂ CO ₃
2. Hasil Utama	BaCO ₃	BaCO ₃
3. Hasil Sampingan	H ₂ S	Na ₂ S
4. Suhu Operasi	30-90°C	60-70°C
5. Tekanan Operasi	1 atm	1 atm
6. Konversi	50 – 99 %	98 – 99 %
Aspek Ekonomi		
2.1 Investasi	Relatif rendah	Relatif tinggi
2.2 Biaya Operasi	Relatif rendah	Relatif tinggi

(Sumber: Barkah, 2020)

Dari penjelasan kedua proses tersebut, dapat dikatakan bahwa proses pembuatan barium karbonat menggunakan metode karbonasi lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode soda ash, seperti :

1. Menghasilkan produk samping Hidrogen Sulfida (H₂S) yang bermanfaat
2. Ketersediaan bahan pereaksi yang lebih terjangkau
3. Energi yang digunakan lebih sedikit karena suhu operasi rendah
4. Biaya investasi yang dibutuhkan lebih terjangkau
5. Proses produksi berlangsung singkat karena pemisahan produk utama dengan produk samping mudah

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dilakukan untuk mengetahui sifat reaksi yang terlibat (*reversible/irreversible*), dan penentuan sifat panas reaksi (eksotermis/endotermis).



■ Menghitung Nilai Entalpi Keseluruhan ($\Delta H^\circ_f (298)$)

Tabel 1.9 Nilai Entalpi Pembentukan (ΔH°_f)

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)
BaS	-463,6
H ₂ O	-285,8
CO ₂	-393,5
BaCO ₃	-1216,3
H ₂ S	-20,6

(Chase, 1998; Yaws, 1990; busenberg, 1986)

Berikut perhitungan entalpi keseluruhan menggunakan nilai entalpi pembentukan (ΔH°_f) yang sudah diketahui pada masing-masing komponen.

Nilai Entalpi Keseluruhan :

$$\Delta H^\circ_f (298) = \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H^\circ_f (298) = [\Delta H^\circ_f (\text{BaCO}_3) + \Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{S})] - [\Delta H^\circ_f (\text{BaS}) + \Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{O}) + \Delta H^\circ_f (\text{CO}_2)]$$

$$\Delta H^\circ_f (298) = [(-1216,3) + (-20,6)] - [(-463,6) + (-285,8) + (-393,5)]$$

(kJ/mol)

$$\Delta H^\circ_f (298) = (-1236,9) - (-1142,9) \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H^\circ_f (298) = -94 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f(298) = -94000 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan entalpi keseluruhan diperoleh nilai $\Delta H^{\circ}_f = -94 \text{ kJ/mol}$, ini menandakan bahwa reaksi pembuatan barium karbonat merupakan reaksi eksotermis.

■ Menghitung Nilai Energi Gibbs ($\Delta G^{\circ}_f(298)$)

Tabel 1.10 Nilai Energi Gibbs (ΔG°_f)

Komponen	$\Delta G^{\circ}_f \text{ (kJ/mol)}$
BaS	-458,8
H ₂ O	-237,1
CO ₂	-394,4
BaCO ₃	-1137,6
H ₂ S	-33,4

(Chase, 1998; Yaws, 1990; busenberg, 1986)

Berikut perhitungan energi gibbs keseluruhan menggunakan nilai energi gibbs pembentukan (ΔG°_f) yang sudah diketahui pada masing - masing komponen.

Nilai Energi Gibbs Keseluruhan :

$$\Delta G^{\circ}_f(298) = \Delta G^{\circ}_f \text{ Produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ}_f(298) = [\Delta G^{\circ}_f(\text{BaCO}_3) + \Delta G^{\circ}_f(\text{H}_2\text{S})] - [\Delta G^{\circ}_f(\text{BaS}) + \Delta G^{\circ}_f(\text{H}_2\text{O}) + \Delta G^{\circ}_f(\text{CO}_2)]$$

$$\Delta G^{\circ}_f(298) = [(-1137,6) + (-33,4)] - [(-463,6) + (-237,1) + (-394,4)]$$

(kJ/mol)

$$\Delta G^{\circ}_f(298) = (-1171) - (-1095,1) \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G^{\circ}_f(298) = -75,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}_f(298) = -75900 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan energi gibbs keseluruhan diperoleh nilai $\Delta G^\circ_f = -75,9 \text{ kJ/mol}$, karena nilai $\Delta G^\circ_f < 0$ maka reaksi terjadi secara spontan.

■ Menghitung Konstanta Kesetimbangan (K)

Untuk menghitung nilai K, persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\ln K = \left(\frac{\Delta G^\circ_f}{T \times R} \right)$$

$$\ln K = \frac{1}{T} \times \frac{-(-75900 \text{ (J/Mol)})}{8,314 \left(\frac{\text{J}}{\text{Mol.K}} \right)}$$

$$K = e^{\frac{1}{T} \times (9129,179697)}$$

Rentang suhu operasi yang digunakan dalam proses pembuatan barium karbonat sebesar 313 - 333K.

a) Nilai K pada suhu 313 K

$$K = e^{\frac{1}{T} \times (9129,179697)}$$

$$K = e^{\frac{1}{313} \times (9129,179697)}$$

$$K = 4,645 \times 10^{12}$$

b) Nilai K pada suhu 333K

$$K = e^{\frac{1}{T} \times (9129,179697)}$$

$$K = e^{\frac{1}{333} \times (9129,179697)}$$

$$K = 8,057 \times 10^{11}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai K pada suhu 313 K sebesar $4,645 \times 10^{12}$ dan pada suhu 333 K sebesar $8,057 \times 10^{11}$, karena nilai $K > 1$

Maka reaksi ini merupakan reaksi *irreversible*.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan Kinetika dilakukan untuk mengetahui data-data kinetika seperti orde reaksi, konstanta laju reaksi, selektivitas, rasio mol reaktan.

Persamaan empiris Arrhenius, yaitu:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Dimana:

k = konstanta laju reaksi

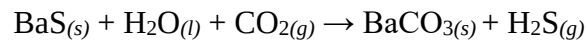
A = Faktor tumbukan

E_a = Energi aktivasi (kJ/mol)

T = Suhu operasi (K)

R = Konstanta gas universal

Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Menurut Gupta and Sharma (1967) reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde 2, dimana persamaan laju reaksinya adalah :

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C$$

Keterangan :

-r_A : laju reaksi

k : konstanta laju reaksi (m³/kmol.jam)

C_i : konsentrasi masing-masing komponen (kmol/m³)

C_A = Konsentrasi BaS

C_{A0} = Konsentrasi awal BaS

C_B = Konsentrasi H₂O

C_{B0} = Konsentrasi awal H₂O

C_C = Konsentrasi CO₂

C_{C0} = Konsentrasi awal CO₂

Untuk persamaan 1 :

Karena H₂O > CO₂ maka, H₂O konstan, sehingga C_{CO} = C_C

X_A = 50% (US Patent 3,421,843)

$$-r_A = k \times C_A \times C_B \times C_C$$

$$\text{Dimana : } C_A = C_{A0}(1 - X_A)$$

$$-r_A = k \times C_{A0}(1 - X_A) \times C_B \times C_{C0}$$

$$\text{Dimana : } C_B = C_{B0}(1 - X_B)$$

$$-\left(\frac{dC_A}{dt}\right) = k \times C_{A0}(1 - X_A) \times C_{B0}(1 - X_B) \times C_{C0}$$

$$-C_{A0} \left(\frac{dX_A}{dt}\right) = k \times C_{A0}(1 - X_A) \times C_{B0}(1 - X_B) \times C_{C0}$$

$$\text{Dimana : } -dC_A = C_{A0} dX_A$$

$$\int_0^x -\frac{dX_A}{(1 - X_A)} = \int_0^t k \times C_{B0}(1 - X_B) \times C_{C0} \times dt$$

$$-\ln(1 - X_A) = k \times C_{B0}(1 - X_B) \times C_{C0} \times t$$

$$k = \frac{-\ln(1 - X_A)}{C_{B0}(1 - X_B) \times C_{C0} \times t}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Kualitas produk yang sesuai dengan spesifikasi dan target pada perancangan pabrik barium karbonat dengan menggunakan barium sulfida dan karbon dioksida sebagai bahan baku utamanya dapat dirancang berdasarkan variabel-variabel utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan bahan pembantu serta pengendalian proses.

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Barium Karbonat

Berikut sifat-sifat fisika dari barium karbonat :

Tabel 2.1 Sifat Fisis Barium Karbonat

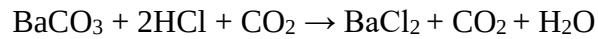
Spesifikasi	Sifat Fisis
Wujud	Bubuk/Padat
Warna	Putih
Nama IUPAC	<i>Barium Carbonate</i>
Rumus Molekul	BaCO ₃
Berat Molekul	197,37 g/mol
Kemurnian	98.2%
Titik Didih	1.450°C
Densitas	4,286 g/cm ³
Titik Leleh	811°C
Kelarutan dalam Air	24 mg/L (25°C)

(MSDS *Barium Carbonate*, Perry 8th :1999)

Berikut sifat-sifat kimia dari barium karbonat :

- Paparan dapat menyebabkan iritasi ringan

- Tidak mudah terbakar
- Mengalami perubahan kimia
- Bereaksi dengan asam klorida membentuk barium klorida dan karbon dioksida



Berikut informasi keselamatan dari barium karbonat :

Tabel 2.2 *Hazard Diamond* pada Barium Karbonat

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru)	2 - Paparan yang intensif tetapi tidak kronis dapat menyebabkan cacat sementara dan luka ringan
	Bahaya Kebakaran (Merah)	0 - Mengidentifikasi bahan tersebut tidak mudah terbakar
	Reaktivitas (Kuning)	0 - Zat-zat yang tergolong stabil, bahkan saat terjadi bahaya kebakaran
	Peringatan Khusus (Putih)	0 - tidak memiliki bahaya khusus

(SDS Santa Cruz Biotechnology, Inc., 2019)

2.1.2 Hidrogen Sulfida

Berikut sifat-sifat fisika dari hidrogen sulfida :

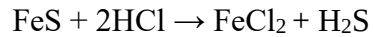
Tabel 2.3 Sifat Fisis Hidrogen Sulfida

Spesifikasi	Sifat Fisis
Wujud	Gas
Nama IUPAC	<i>Sulfane</i>
Rumus Molekul	H ₂ S
Kemurnian	99%
Berat Molekul	34,08 g/mol
Titik Didih	-60,7°C
Densitas	1,539 g/L (0°C) 1,189 (udara=1.00) ^c
Titik Leleh	-85,5°C
Kelarutan dalam Air	3,98 g/L (20°C)
Temperatur Kritis	100,4°C
Tekanan Kritis	88,9 atm

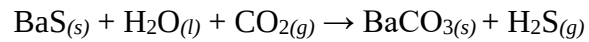
(Othmer : 1960 dan Perry 8th : 1999)

Berikut sifat-sifat kimia dari hidrogen sulfida :

- Cepat atau benar benar menguap pada suhu dan tekanan atmosfer, atau mudah tersebar di udara dan akan terbakar dengan mudah.
- Bila terbakar akan menghasilkan senyawa yang mencemarkan udara
- Mampu menghasilkan ledakan pada suhu dan tekanan normal
- Korosif dan beracun. Dapat melumpuhkan sistem pernapasan dalam beberapa menit.
- Hidrogen Sulfida merupakan asam lemah
- Beberapa reaksi pembentukan hidrogen sulfida :
 - a. Reaksi antara besi sulfida dan asam klorida membentuk besi klorida dan hidrogen sulfida

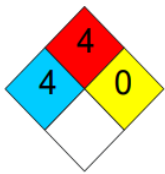


- b. Bereaksi dengan soda ash membentuk BaCO_3 dan hidrogen sulfida



Berikut informasi keselamatan dari hidrogen sulfida :

Tabel 2.4 *Hazard Diamond* pada Hidrogen Sulfida

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru)	4 - Bahan yang, dalam kondisi darurat dapat menyebabkan kematian
	Bahaya Kebakaran (Merah)	4 - Bahan yang menguap dengan cepat pada tekanan atmosfer dan suhu lingkungan normal atau yang mudah tersebar di udara dan mudah terbakar
	Reaktivitas (Kuning)	0 - Material ini biasanya stabil, bahkan dalam kondisi kebakaran
	Peringatan Khusus (Putih)	Tidak ada peringatan khusus

(SDS P-4611 Linde USA, 2019)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Barium Sulfida

Berikut sifat-sifat fisika dari barium sulfida :

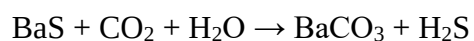
Tabel 2.5 Sifat Fisis Barium Sulfida

Spesifikasi	Sifat Fisis
Wujud	Kristal Padat
Nama IUPAC	<i>Sulfanylidenebarium</i>
Rumus Molekul	BaS
Kemurnian	99%
Berat Molekul	169,39 g/mol
Titik Didih	Terdekomposisi
Densitas	4,25 g/cm ³
Titik Leleh	1.200 °C
Kelarutan dalam Air	8,94 g/100g H ₂ O (25°C)

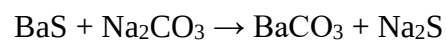
(Othmer : 1960 dan Perry 8th :1999)

Berikut sifat-sifat kimia dari barium sulfida :

- Bereaksi dengan CO₂ dan H₂O membentuk BaCO₃



- Bereaksi dengan soda ash membentuk BaCO₃



Berikut informasi keselamatan dari barium sulfida :

Tabel 2.6 *Hazard Diamond* pada Barium Sulfida

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru)	2 - Paparan yang intensif tetapi tidak kronis dapat menyebabkan cacat sementara dan luka ringan
	Bahaya Kebakaran (Merah)	3 - Zat yang dapat terbakar pada kondisi suhu sekitarnya (<100°C)
	Reaktivitas (Kuning)	0 - Zat-zat yang tergolong stabil, bahkan saat terjadi bahaya kebakaran
	Peringatan Khusus (Putih)	tidak memiliki bahaya khusus

(SDS Sciencelab.com, Inc., 2013)

2.2.2 Karbon Dioksida

Berikut sifat-sifat fisika dari karbon dioksida :

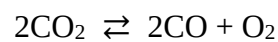
Tabel 2.7 Sifat Fisis Karbon Dioksida

Spesifikasi	Sifat Fisis
Wujud	Gas
Nama IUPAC	<i>Carbon Dioxide</i>
Rumus Molekul	CO ₂
Kemurnian	99%
Berat Molekul	44,009 g/mol
Titik Didih	-78,5°C
Densitas	1,80 g/cm ³ (25°C)
Titik Leleh	-56,6°C
T dan P Kritis	30,98 °C dan 72,8 atm

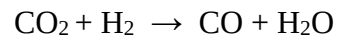
(Perry 8th :1999, Ullmann's 7th:2011)

Berikut sifat-sifat kimia dari karbon dioksida :

- Mengalami perubahan kimia secara drastis pada suhu dan tekanan yang tinggi, memungkinkan terjadi ledakan jika bercampur dengan air
- Tidak menimbulkan bahaya kesehatan dan tidak mudah terbakar
- Ketika dihirup pada konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi karbon dioksida di atmosfer, akan terasa asam di mulut dan menyengat di hidung dan tenggorokan
- Beberapa Reaksi yang terjadi :
 - a. Dapat terbentuk dari reaksi antara karbon monoksida dan oksigen

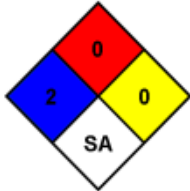


- b. Bereaksi dengan hidrogen membentuk karbon monoksida



Berikut informasi keselamatan dari karbon dioksida :

Tabel 2.8 *Hazard Diamond* pada Karbon Dioksida

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru)	2 - Bahan yang, dalam kondisi darurat, dapat menyebabkan ketidakmampuan sementara atau cedera ringan
	Bahaya Kebakaran (Merah)	0 - Bahan yang tidak akan terbakar pada kondisi kebakaran biasa
	Reaktivitas (Kuning)	0 - Material ini biasanya stabil, bahkan dalam kondisi kebakaran
	Peringatan Khusus (Putih)	SA - Gas yang dapat menyebabkan sesak napas

(SDS P-4574 Linde USA, 2020)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan upaya untuk mempertahankan mutu/kualitas dari produk yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan (Sofjan Assauri, 2008). Adapun pengendalian kualitas yang dilakukan pada perancangan pabrik meliputi tiga (3) tahapan, yaitu pengendalian terhadap bahan baku, pengendalian terhadap proses produksi, pengendalian terhadap produk jadi.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Apabila bahan baku yang digunakan memiliki kualitas baik atau memenuhi standar, maka produk yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang baik juga. Pengendalian kualitas bahan baku, terjadi pada bahan baku barium sulfida dan karbon dioksida dimana proses pengendalian bahan baku ini dilakukan dengan menguji kualitas bahan baku dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji yang dilakukan antara lain uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas dalam proses produksi merupakan pengendalian yang dilakukan agar meminimalisir kegagalan dalam tahap produksi. Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan sistem kontrol.

1. Alat Sistem Kontrol

Adapun beberapa alat kontrol yang digunakan pada pengendalian proses antara lain:

a. *Temperature Controller (TC)*

Temperature controller merupakan alat kontrol untuk mengatur suhu proses. Alat ini dipasang pada peralatan yang perlu pengaturan dan penjagaan suhu agar beroperasi pada

temperatur konstan. Apabila suhu yang ada tidak sesuai dengan prosedur produksi maka akan ditandai dengan adanya nyala lampu ataupun bunyi alarm.

b. *Weight Controller (WC)*

Weight Controller merupakan alat kontrol untuk mengatur berat bahan yang dialirkan. Alat ini dipasang pada peralatan yang memerlukan penjagaan pada berat bahan masuk agar tetap konstan.

c. *Flow Controller (FC)*

Flow controller merupakan alat untuk mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk ke peralatan proses tetap konstan. Laju alir fluida dalam pipa umumnya diatur dengan mengatur output dari alat yang digunakan.

d. *Pressure Controller (PC)*

Pressure Controller merupakan alat yang digunakan untuk mengendalikan tekanan yang masuk atau keluar dari suatu alat agar sesuai tekanan yang diinginkan. Pengontrolan tekanan dilakukan dengan cara mengatur *set point* ke jumlah yang diinginkan, sehingga apabila tekanan melebihi *set point* maka saklar akan aktif.

2. Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*. Contohnya : ($\neq$)
- b. Aliran elektrik (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*. Contohnya : (---)
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan spesifikasi yang sudah

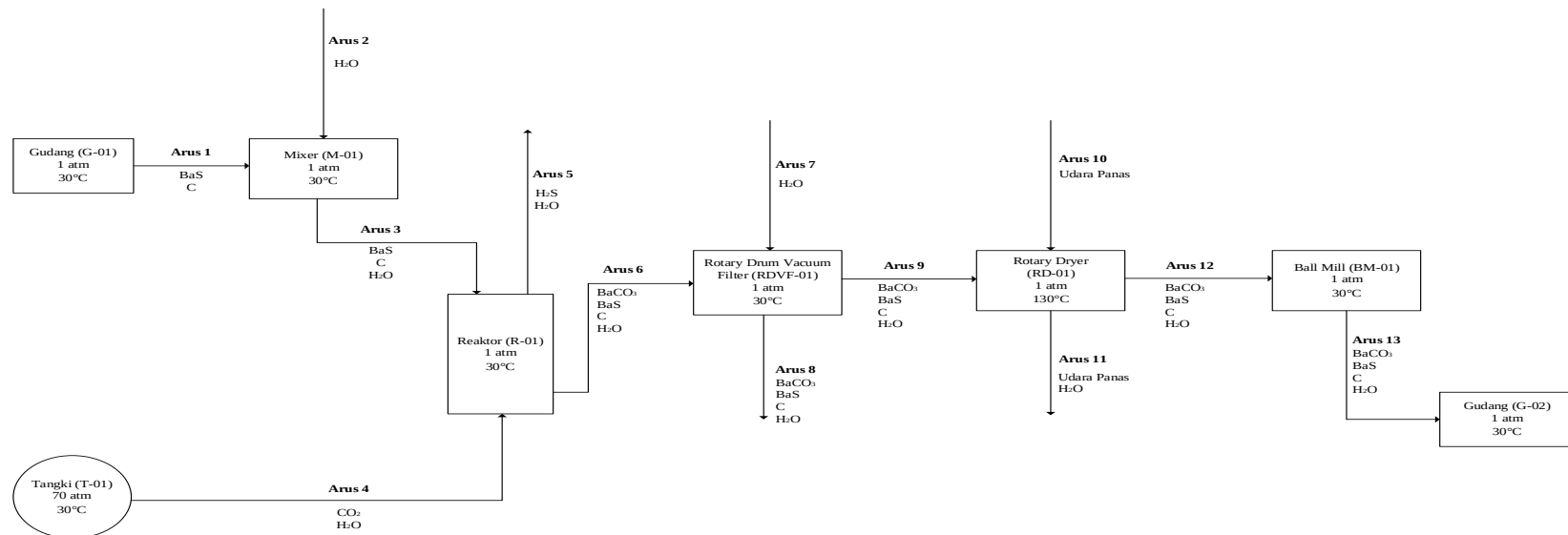
ditetapkan. Dengan menggunakan bahan baku dan proses yang baik maka diharapkan produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik pula. Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap variabel-variabel proses melalui sistem kontrol agar sesuai dengan *set point* yang telah ditetapkan. Bentuk pengawasan dan pengendalian kualitas produk dapat dilakukan dengan uji karakteristik produk seperti densitas, viskositas, kemurnian produk dan komposisi pembentuk produk yang dapat dilakukan melalui analisa laboratorium maupun penggunaan alat kontrol.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

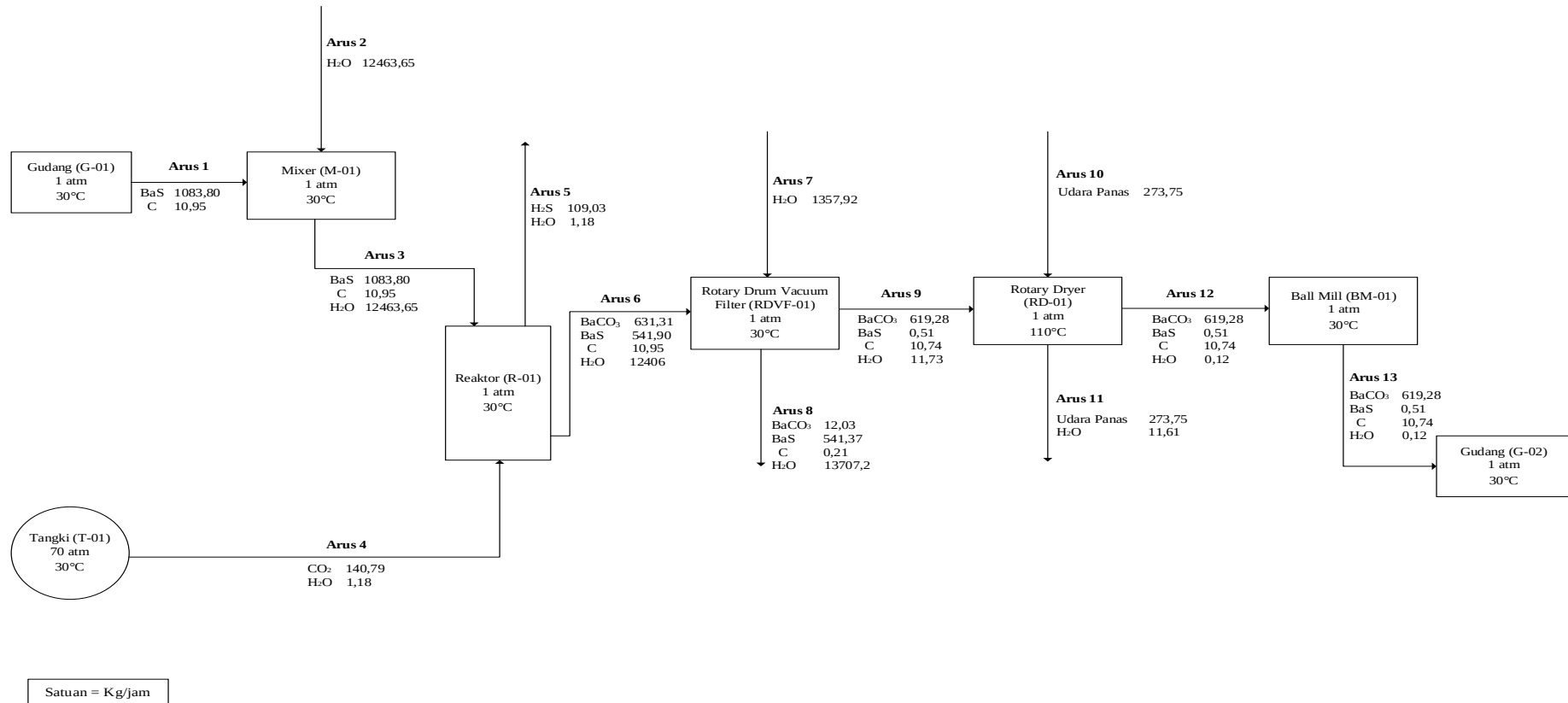
2.4.1 Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Pembuatan Barium Karbonat dari Barium Sulfida dan Karbon Dioksida dalam tugas perancangan ini dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

- a. Persiapan bahan baku
- b. Proses reaksi pembuatan produk
- c. Proses pemisahan dan pemurnian produk

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku proses pembuatan Barium Karbonat adalah Barium Sulfida dan Karbon Dioksida. Barium Sulfida ini disimpan pada tangki penyimpanan berupa Bin dalam fasa padat pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, lalu Barium Sulfida dilarutkan dengan air menggunakan *Mixer* pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm sehingga menjadi larutan Barium Sulfida yang selanjutnya dialirkan ke Reaktor menggunakan pompa. Sedangkan bahan baku Karbon Dioksida disimpan dalam fasa gas pada tangki vertikal atap yang berbentuk elips (T) dengan pengamanan gas holder. Karbon Dioksida dan larutan Barium Sulfida sebagai umpan masuk ke reaktor dengan kondisi operasi reaktor yaitu suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

3.2.2 Proses Reaksi Pembuatan Produk

Bahan baku larutan Barium Sulfida dan Karbon Dioksida yang sudah dipanaskan melalui exchanger, kemudian dialirkan ke dalam Reaktor. Reaktor yang digunakan merupakan Reaktor Gelembung, dipilih Reaktor Gelembung karena merupakan salah satu reaktor yang dapat digunakan dalam reaksi heterogen khususnya untuk fasa reaksi gas-cair. Reaksi di dalam reaktor gelembung berlangsung secara eksotermis dengan kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Konversi dalam reaktor mencapai 50%. Suhu dalam reaktor dijaga konstan dengan menggunakan koil. Hasil keluaran dari reaktor yaitu produk utama berupa Barium Karbonat dan produk samping berupa Hidrogen Sulfida.

3.2.3 Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil keluaran dari reaktor berupa *slurry* dialirkan ke *rotary drum vacuum filter (RDVF)* untuk dipisahkan antara *filtrate* dan *cakenya*, pemisahan produk Barium Karbonat yang tercampur dalam *filtrate* ini berlangsung dengan kondisi operasi suhu 50°C dan tekanan 1 atm. *Filtrate* dan air hasil pemisahan dari *rotary drum vacuum filter* dialirkan ke Unit Pembuangan Lanjut (UPL), sedangkan *cake* Barium Karbonat yang masih terkandung air akan dikeringkan pada *rotary dryer (RD)* untuk menguapkan air yang masih terkandung dengan kondisi operasi suhu 130°C dan tekanan 1 atm. Setelah dikeringkan pada *rotary dryer*, dibawa dengan *Belt Conveyor* dan *Bucket Elevator* menuju tangki penyimpanan berupa Bin kemudian masuk *Ball Mill* untuk proses penghalusan dengan kondisi operasi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Reaktor

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Mereaksikan larutan Barium Sulfida (BaS) dengan karbon dioksida (CO ₂) agar membentuk Barium Karbonat (BaCO ₃) sebagai produk utama dan Hidrogen Sulfida (H ₂ S) sebagai hasil samping.
Jenis/Tipe	:	Silinder tegak dengan tutup <i>flanged & standard dished head</i>
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1

Suhu :	30°C
Kondisi Proses :	<i>Isothermal</i>
Bahan	
Konstruksi :	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Diameter Reaktor	
• Diameter (ID)	1,3518 m
<i>shell :</i>	
• Tebal <i>shell :</i>	0,1875 in
• Tinggi Reaktor	3,2692 m
Total :	
• Volume Reaktor :	4,6919 m ³
• Jenis <i>Head :</i>	<i>Flanged & standard dished head</i>
• Tinggi <i>Head :</i>	0,2828 m
• Tebal <i>Head :</i>	0,1875 in
Dimensi <i>Sparger</i>	
• Jenis <i>Sparger :</i>	<i>Sieve Tray</i>
• Jenis <i>Pitch :</i>	<i>Triangular</i>
• Diameter <i>Sparger:</i>	1,3518 m
• Diameter <i>Orifice :</i>	0,0031 m
• Jumlah lubang	
<i>orifice :</i>	2.8523
Dimensi Jaket	
Pendingin	
• Diameter luar	60 in
jaket :	
• Tinggi jaket :	2,7036 m
• Tebal jaket :	0,1875 in
Harga :	\$ 54.590

3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah

a. Mixer

Nama/Kode	: <i>Mixer/M-01</i>
Fungsi	: Mencampurkan antara Barium Sulfida dan H ₂ O
Jenis	: Silinder tegak dengan tutup <i>torispherical flanged and dished head</i>
Material	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	: 30°C, 1 atm
Harga	:
Spesifikasi	
Diameter	: 1,08 m
Tinggi Tangki	: 1,62 m
Volume	: 1,1540 m ³
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Diameter Pengaduk	: 0,3231 m
Kecepatan Pengaduk	: 378,736 rpm
Tenaga Pengaduk	: 15 Hp
Jumlah Pengaduk	: 3
Jenis <i>Impeller</i>	: <i>Turbine Impeller</i>
Harga	: \$ 22.492

b. Rotary Drum Vacuum Filter

Nama/Kode	: <i>Rotary Drum Vacuum Filter/RDVF-01</i>
Fungsi	: Memisahkan padatan produk dan cairan keluaran reaktor
Jenis	: Silinder vertikal
Material	: <i>Carbon Steel SA 283</i>
Kondisi Operasi	: 30°C, 1 atm

Spesifikasi

■ Dimensi drum

- a. Diameter : 1,8288 m
- b. Panjang : 1,2192 m
- c. Tebal : 0,005 m

■ Dimensi penggerak

- a. Kecepatan rotasi : 1 rpm
- b. Power motor : 5 Hp

Harga : \$ 96.059

c. Rotary Dryer

- Nama/Kode : *Rotary Dryer/RD-01*
- Fungsi : Mengurangi kadar cairan yang terikut pada hasil padatan Barium Karbonat
- Jenis : *Direct heat rotary dryer*
- Material : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- Kondisi Operasi : 100°C, 1 atm

Spesifikasi

- Diameter : 0,6720 m
- Panjang : 2,1945 m
- Kemiringan : 0,4515 m/m
- Tebal *Shell* : 0,1875 in
- Kecepatan putar : 3,9 rpm
- Waktu tinggal : 0,1132 menit
- Daya motor : 0,05 hp
- Harga : \$ 110.000

d. Ball Mill

Nama/Kode	: <i>Ball Mill/BM-01</i>
Fungsi	: Memperkecil Produk Keluaran <i>Rotary Dryer</i> hingga 120 mesh
Jenis	: <i>Cylindro Conical Ball Mill</i>
Material	: <i>Carbon Steel SA-113 Grade C</i>
Kondisi Operasi	: 30°C, 1 atm

Spesifikasi

■ Dimensi drum

a. Diameter	: 0,9144 m
b. Panjang	: 1,2192 m
c. Tebal	: 1,25 in

■ Dimensi penggerak

a. Kecepatan rotasi	: 23 rpm
b. Power motor	: 25 hp

Ukuran bola	: 1,5 in = 51% 1 in = 49%
-------------	------------------------------

Harga	: \$ 104.260
-------	--------------

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku, Bahan Pendukung & Produk

Jenis Alat	Gudang		Tangki	Hopper
Kode	S-01	S-02	T-01	H-01
Fungsi	Menampung Bahan Baku BaS	Menyimpan produk BaCO_3	Menyimpan Bahan Baku CO_2	Menampung BaS sebelum masuk proses dari G-01 menuju SC-01
Lama Penyimpanan	21 Hari	21 Hari	14 Hari	< 1 Hari
Fasa	Padat	Padat	Cair	Padat
Jumlah Tangki	1 Buah	1 Buah	1 Buah	1 Buah
Jenis Tangki	-	-	<i>Spherical Tank</i>	Tangki Silinder dengan <i>Conical Bottom</i>
Kondisi Operasi	T : 30°C P : 1 atm	T : 30°C P : 1 atm	T : 30°C P : 70 atm	T : 30°C P : 1 atm

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku, Bahan Pendukung & Produk (Lanjutan)

Jenis Alat	Gudang		Tangki	Hopper
Kode	S-01	S-02	T-01	H-01
Spesifikasi				
Bahan Konstruksi	-	-	Carbon Steels SA-283 Grade C	Carbon Steel SA - 283 grade C
Volume (m ³)	160	100	28.670,58	0,3060
Diameter (m)	Lebar : 4 Panjang : 8	Lebar : 3 Panjang : 6	37,98	0,7134
Tinggi Total (m)	5	5	-	0,7921
Jumlah Course	-	-	-	-
Tebal Shell (in)		-	0,0048	0,1875
Bottom				
Jenis Bottom	-	-	-	Conical
Tebal Bottom (in)	-	-	-	0,1875
Harga	\$ 38.283	\$ 38.283	\$ 178.295	\$ 2.226

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

a. Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Jenis Alat	Screw Conveyor			Bucket Elevator
Kode	SC-01	SC-02	SC-03	BE-01
Fungsi	Mengangkut BaS padat dari H-01 menuju Mixer	Mengangkut BaCO3 padat dari RDVF menuju RD	Mengangkut BaCO3 padat dari BM-01 menuju G-02	Mengangkut BaCO3 padat dari CC-01 menuju BM-01
Kondisi Operasi				
Tekanan	1 atm			
Suhu	30°C			
Jenis Spesifik	Horizontal Screw Conveyor			Centrifugal Discharge Bucket Elevator
Spesifikasi				
Kapasitas	5 ton/jam	5 ton/jam	5 ton/jam	14 ton/jam
Speed	40 rpm	40 rpm	40 rpm	43 rpm
Motor Power	0,43 HP	0,43 HP	0,43 HP	0,05 HP
Panjang	4,57 m	4,57 m	4,57 m	3,05 m
Diameter	9 in	9 in	9 in	Pulley : Head = 20 in Tail = 14 in
Material Construction	Carbon Steel SA 28 Grade C	Carbon Steel SA 28 Grade C	Carbon Steel SA 28 Grade C	Carbon Steel SA 28 Grade C
Harga	\$ 4.452	\$ 4.452	\$ 4.452	\$ 7.263

b. Spesifikasi Alat Transportasi Cairan

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan

Jenis Alat	Pompa	
Kode	P-01	P-02
Fungsi	Mengalirkan larutan dari M-01 menuju Reaktor (R-01)	Memompa hasil produk dari R-01 menuju RVF-01
Kondisi Operasi		
Viskositas (cP)	1,31	0,65
Kapasitas (m ³ /jam)	0,55	1,13
<i>Pump Head</i> (m)	3,27	1,22
Suhu Fluida (°C)	30	30
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>	
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	
Efisiensi Pompa	40%	40%
Daya Motor (HP)	0,25	0,1
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Harga	\$ 16.386	\$ 16.386

c. Spesifikasi Alat Transportasi Gas

- Blower (BL-01)

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Gas (Blower)

Kode	BL-01
Fungsi	Menghisap udara untuk diumpankan ke dalam Heater udara
Tipe Alat	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Kondisi Operasi	Tekanan : 3,52 psi
Laju Alir Udara	0,09 m ³ /s
<i>Power</i>	0,05 HP
Harga	\$ 3.866

3.3.5 Spesifikasi Expansion Valve

Tabel 3.5 Spesifikasi *Expansion Valve*

Nama		<i>Expansion Valve 01</i>	<i>Expansion Valve 02</i>
Kode		(EV-01)	(EV-02)
Fungsi		Menurunkan tekanan CO ₂ dari (T-01) untuk diumpankan ke Reaktor - 01	Menurunkan tekanan CO ₂ dari (T-01) untuk diumpankan ke Reaktor - 01
Jenis		<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>
Material		<i>Stainless Steel SA 167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 11 type 316</i>
Kondisi Operasi	T _{in} (°C)	30	27,259
	T _{out} (°C)	27,259	26,471
	P _{in} (atm)	70	35
	P _{out} (atm)	35	1

Tabel 3.5 Spesifikasi *Expansion Valve* (Lanjutan)

Nama		<i>Expansion Valve 01</i>	<i>Expansion Valve 02</i>
Kode		(EV-01)	(EV-02)
Ukuran Pipa	ID (in)	0,364	0,364
	OD (in)	0,54	0,54
	SCH	40	40
	IPS (in)	0,25	0,25
	Luas (in ²)	0,104	0,104
Panjang Ekuivalen (m)		4,2670	4,2670
Jumlah		1	1
Harga (Rp)		\$ 59.775	

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Heater (HE-01)*

Tabel 3.6 Spesifikasi Heater (HE-01)

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran <i>Expansion Valve</i> (EV-02) menuju Reaktor-01	
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>

Tabel 3.6 Spesifikasi *Heater* (HE-01)

Suhu Masuk	150 °C	26 °C
Suhu Keluar	150 °C	30 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	419,5797 Btu/Jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,6576 m	
ID	0,0351 m	0,0525 m
OD	0,0422 m	0,0605 m
A	0,0008 m ²	0,0010 m ²
<i>Pressure Drop</i>	0,0003 psi	0,51 psi
Jumlah <i>Hairpin</i>	1 Buah	
Rd	0,0666 hr ft ² °F/Btu	
Harga	\$ 937	

b. *Heater* (HE-02)

Tabel 3.7 Spesifikasi *Heater* (HE-02)

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran Blower (BL-01) menuju <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	150 °C	30°C
Suhu Keluar	150 °C	130°C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	293.410,6139 Btu/Jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>

Tabel 3.7 Spesifikasi *Heater* (HE-02)

Panjang	3,6576 m	
ID	24,80 m	19,92 m
OD	28,56 m	16,56 m
A	0,0008 m ²	0,0010 m ²
<i>Pressure Drop</i>	0,0002 psi	3,2842 psi
Jumlah <i>Hairpin</i>	13 Buah	
Rd	0,0088 hr ft ² °F/Btu	
Harga	\$ 937	

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.8 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (Kg/jam)					Keluar (Kg/jam)			
	Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 7	Arus 10	Arus 5	Arus 8	Arus 11	Arus 13
BaCO ₃	-	-	-	-	-	-	12,030	-	619,284
BaS	1.083,796	-	-	-	-	-	541,386	-	0,512
CO ₂	-	-	140,793	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	-	12.463,652	1,176	1.357,922	-	1,177	13.752,2	11,608	0,117
H ₂ S	-	-	-	-	-	109,026	-	-	-
C	10,947	-	-	-	-	-	0,209	-	10,739
Udara	-	-	-	-	273,749	-	-	273,749	-
Total	1.094,743	12.463,652	141,969	1.357,922	273,749	110,203	14.305,823	285,357	630,652
Total Keseluruhan	15.332,034					15.332,034			

3.4.2 Neraca Massa Alat

b. Neraca Massa Mixer

Tabel 3.9 Neraca Massa *Mixer*

No	Komponen	Input (Kg/h)		Output (Kg/h)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	BaS	1.083,796	0	1.083,796
2	C	10,947	0	10,947
3	H ₂ O	0	12.463,652	12.463,652
Total		13.558,395		13.558,395

c. Neraca Massa Reaktor

Tabel 3.10 Neraca Massa Reaktor

No	Komponen	Input (Kg/h)		Output (Kg/h)	
		Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
1	BaCO ₃	0	0	0	631,313
2	BaS	1.083,796	0	0	541,898
3	CO ₂	0	140,793	0	0
4	H ₂ O	12.463,652	1,176	1,176	12.406,004
5	H ₂ S	0	0	109,026	0
6	C	10,947	0	0	10,947
Total		13.700,364		13.700,364	

d. Neraca Massa Rotary Drum Vacum Filter (RDVF)

Tabel 3.11 *Neraca Massa Rotary Drum Vacum Filter (RDVF)*

No	Komponen	Input (Kg/h)		Output (Kg/h)	
		Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9
1	BaCO ₃	631,313	0	12,030	619,284
2	BaS	541,898	0	541,386	0,512
3	H ₂ O	12.406,004	0	12.394,278	11,726
4	H ₂ O pencuci	0	1.357,922	1.357,922	0
5	C	10,947	0	0,209	10,739
Total		14.948,084		14.948,084	

e. Neraca Massa Rotary Dryer

Tabel 3.12 *Neraca Massa Rotary Dryer*

No	Komponen	Input (Kg/h)		Output (Kg/h)	
		Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12
1	BaCO ₃	619,284	0	0	619,284
2	BaS	0,512	0	0	0,512
3	H ₂ O	11,726	0	11,608	0,117
4	C	10,739	0	0	10,739
5	Udara	0	273,749	273,749	0
Total		916,01		916,01	

f. Neraca Massa *Ball Mill*

Tabel 3.13 Neraca Massa *Ball Mill*

No	Komponen	Input (Kg/h)	Output (Kg/h)
		Arus 12	Arus 13
1	BaCO ₃	619,284	619,284
2	BaS	0,512	0,512
3	C	10,739	10,739
4	H ₂ O	0,117	0,117
Total		630,652	630,652

3.5 Neraca Panas

b. *Mixer (M-01)*

Tabel 3.14 Neraca Panas *Mixer (M-01)*

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Q ₁	262.683,084	-
Q ₂	-	262.490,338
QPelarutan		192,745
Total	262.683,084	262.683,084

c. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3.15 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Q ₁	263.309,782	-
Q ₂	-	262.663,979
QReaksi	49,269	-
QPendingin	-	695,073
Total	263.359,052	263.359,052

d. *Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-01)*

Tabel 3.16 Neraca Panas *Rotary Drum Vacum Filter* (RDVF-01)

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Q ₁	289.671,98	-
Q ₂	-	289.671,98
Total	289.671,98	289.671,98

e. *Rotary Dryer (RD-01)*

Tabel 3.17 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Q ₁	29.483,505	-
Q ₂	-	22.403,111
Q _{Loss}	-	7.080,394
Total	29.483,505	29.483,505

f. *Ball Mill (BM-01)*

Tabel 3.18 Neraca Panas *Ball Mill* (BM-01)

Komponen	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
Q ₁	532,629	-
Q ₂	-	532,629
Total	532,629	532,629

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan dan pemilihan lokasi pabrik pada perancangan pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting. Penentuan sebuah lokasi pabrik nantinya akan memberi pengaruh besar terhadap kegiatan pabrik, mulai dari distribusi produk ataupun produksi produk. Maka dari itu, pertimbangan yang utama dalam perancangan pabrik adalah penentuan dan pemilihan lokasi pabrik. Pertimbangan lain yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi pabrik adalah karakteristik dan sifat bahan baku yang ingin digunakan. Jika bahan baku yang akan digunakan bersifat berbahaya, maka lokasi pabrik sebaiknya berada di dekat sumber bahan baku. Sebaliknya jika produk yang digunakan bersifat tidak berbahaya, maka lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan konsumen.

Dengan memperhatikan dan mempertimbangkan faktor tersebut, maka dipilih daerah Jarangkuwung, Kabupaten Gresik, sebagai lokasi tempat didirikannya pabrik Barium Karbonat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun.

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari pabrik. Pabrik memiliki tujuan utama yang meliputi distribusi dan produksi, beberapa faktor-faktor primer yang mempengaruhi dalam penentuan dan pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Bahan Baku

Bahan baku pembuatan barium karbonat berupa barium sulfida (BaS) dan gas CO₂. Bahan baku barium sulfida diperoleh secara import dari China dengan komposisi BaS (Barium Sulfide) 99% selanjutnya CO₂ diperoleh dari pabrik yang berada di kawasan Industri Gresik salah satunya adalah PT. Samator.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian suatu pabrik atau industri kimia karena berhasil tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri atau pabrik tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai daerah pemasaran adalah :

- a. Kebutuhan konsumen akan produk
- b. Daerah pemasaran produk
- c. Daya serap pasar dan prospek yang akan datang
- d. Jarak daerah pemasaran dan cara mencapai daerah tersebut.

Pemasaran barium karbonat diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan barium karbonat di Indonesia khususnya di daerah Jawa Timur yang sementara ini masih di import dari luar negeri.

3. Energi dan Bahan Bakar

Sumber tenaga listrik untuk keperluan pabrik barium karbonat dapat diperoleh dari PLN maupun dengan menyediakan tenaga pembangkit listrik sendiri berupa generator dan bahan bakar diperoleh dari distribusi Pertamina.

4. Sumber Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi suatu industri kimia baik untuk kebutuhan proses maupun keperluan lainnya,

misalnya pendinginan, air minum dan sebagainya. Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari sumber air lokal yaitu Telaga Perengan.

5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pabrik sebagian besar merupakan tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana sesuai dengan kebutuhan. Perekrutan tenaga kerja dilakukan dengan memperhatikan faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja, sehingga tenaga kerja yang diterima saat perekrutan merupakan tenaga kerja yang berkualitas dan bekerja sebagaimana mestinya.

6. Transportasi

Sarana transportasi darat maupun laut akan sangat menunjang kelangsungan produksi. Kabupaten Gresik merupakan kawasan industri yang strategis yang mana telah dilengkapi dengan sarana transportasi yang cukup lengkap yaitu dengan adanya jalan raya serta dekat dengan pelabuhan.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

1. Peraturan Pemerintah

Pendirian pabrik di dukung oleh kebijakan pemerintah kota Gresik dalam kaitannya untuk menjadikan kota Gresik sebagai pusat kawasan Industri di Indonesia. Gresik merupakan salah satu daerah industri untuk Jawa Timur karena disana terdapat pengeboran minyak lepas pantai dan pengeboran di daratan yang banyak digunakan sebagai sumber bahan baku utama pabrik.

2. Lingkungan Sekitar

Pendirian pabrik baru akan menciptakan lapangan kerja baru, sehingga warga lingkungan sekitar pabrik berpeluang besar mendapat kesempatan mendapatkan pekerjaan. Selain itu, pendirian pabrik ini tidak mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat karena dampak serta faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum berdirinya pabrik ini.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan tata cara dalam mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik guna melancarkan proses produksi. Fasilitas yang diatur meliputi tempat karyawan bekerja, tempat peralatan dan menyimpan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung dan tambahan-tambahan lain yang dirancang.

Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik (Peters, 2004) :

- a. Urutan rangkaian proses produksi
- b. Perluasan lokasi pabrik
- c. Distribusi ekonomis pada bahan baku, pengadaan air, steam process, serta tenaga listrik
- d. Pemeliharaan serta perbaikan komponen-komponen dalam pabrik
- e. Keamanan (*safety*) dan keselamatan kerja
- f. Luas bangunan, kondisi bangunan, serta konstruksi bangunan yang telah memenuhi syarat
- g. Perencanaan tata letak pabrik yang fleksibel dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses ataupun mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak membutuhkan biaya yang mahal
- h. Pembuangan limbah cair
- i. *Service area*, seperti ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan sebagainya diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari lokasi kerja.

Dalam membangun suatu pabrik hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

1) Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini ditujukan agar masalah kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

2) Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri di saat terjadinya keadaan darurat.

3) Luas Area yang tersedia

Harga tanah yang menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

4) Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

5) Instalasi dan Utilitas

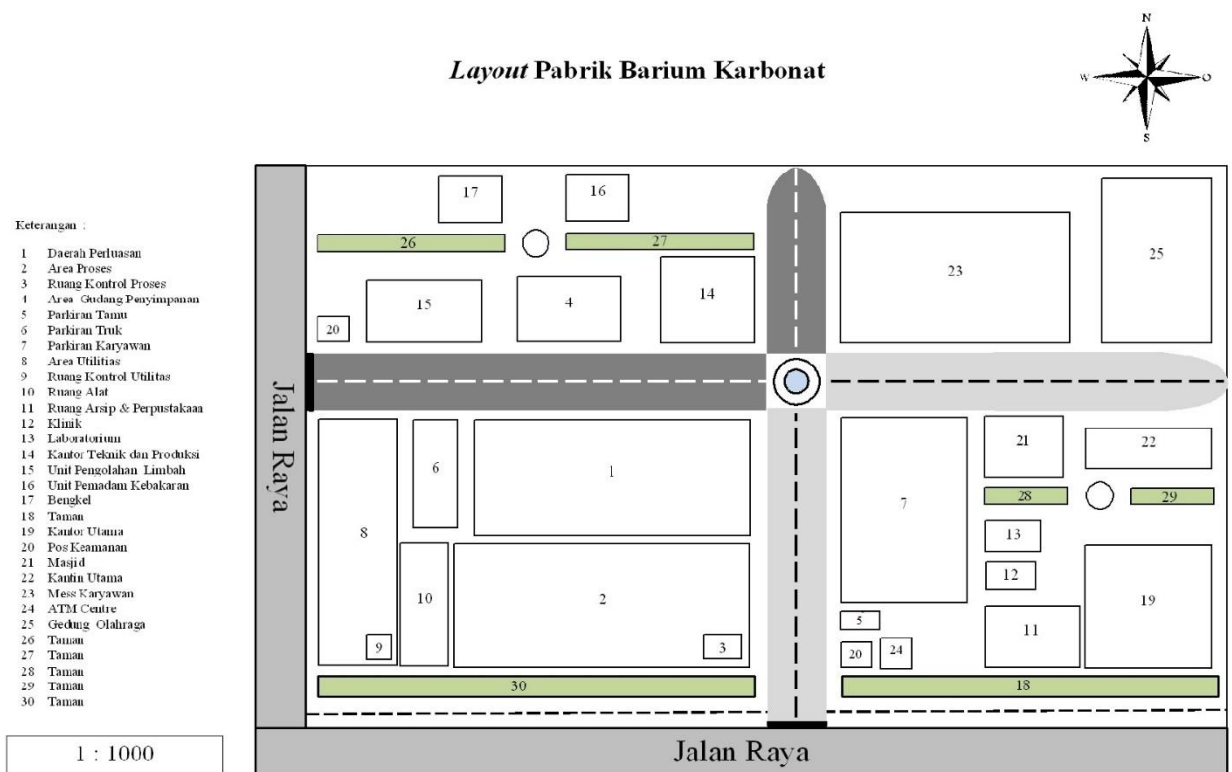
Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan alat proses diatur sedemikian rupa sehingga karyawan dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan dalam perawatannya.

6) Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya.

Tabel 4.1 Luas Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang(m)	Lebar (m)	Luas(m ²)
1	Daerah Perluasan	87,5	37,8	3307,5
2	Area Proses	95	40	3800
3	Ruang Kontrol Proses	12	8	96
4	Area Gudang Penyimpanan	21	33	693
5	Parkir Tamu	6	12,5	75
6	Parkir Truk	12	35	420
7	Parkiran Karyawan	40	60	2400
8	Area Utilitas	80	25	2000
9	Ruang Kontrol Utilitas	8	8	64
10	Ruang Alat	40	15	600
11	Ruang Arsip & Perpustakaan	30	20	600
12	Klinik	16	9	144
13	Laboratorium	18	10	180
14	Kantor Teknik dan Produksi	30	28	840
15	Unit Pengolahan Limbah	36,5	20	730
16	Unit Pemadam Kebakaran	20	15	300
17	Bengkel	20	15	300
18	Taman	73	7	511
19	Kantor Utama	40	40	1600
20	Pos Keamanan	10	8	80
21	Masjid	25	20	500
22	Kantin Utama	40	15	600
23	Mess Karyawan	73	42,5	3102,5
24	ATM Centre	10	10	100
25	Gedung Olahraga	35	53,6	1876
25	Taman	59,4	5,6	332,64
27	Taman	59,4	5,6	332,64
28	Taman	26,5	5,6	148,4
29	Taman	26,5	5,6	148,4
30	Taman	138,3	7	968,1
Akumulasi Luas Bangunan Total		26.849,18		
Luas Tanah		30.000		



Gambar 4.2 *Layout* Pabrik Barium Karbonat

4.3 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses diantaranya sebagai berikut :

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

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

2. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan. Dengan tujuan menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga menyebabkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan kerja.

3. Pencahayaan

Pencahayaan seluruh area pabrik harus memadai. Dan untuk area proses yang beresiko tinggi harus diberi pencahayaan lebih.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan layout pabrik, lalu lintas manusia dan kendaraan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Dengan tujuan dapat memperbaiki alat proses yang mengalami gangguan dengan cepat, selain itu keamanan para pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi serta menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, dari segi ekonomi, hal tersebut dapat menguntungkan.

6. Jarak antar Alat Proses

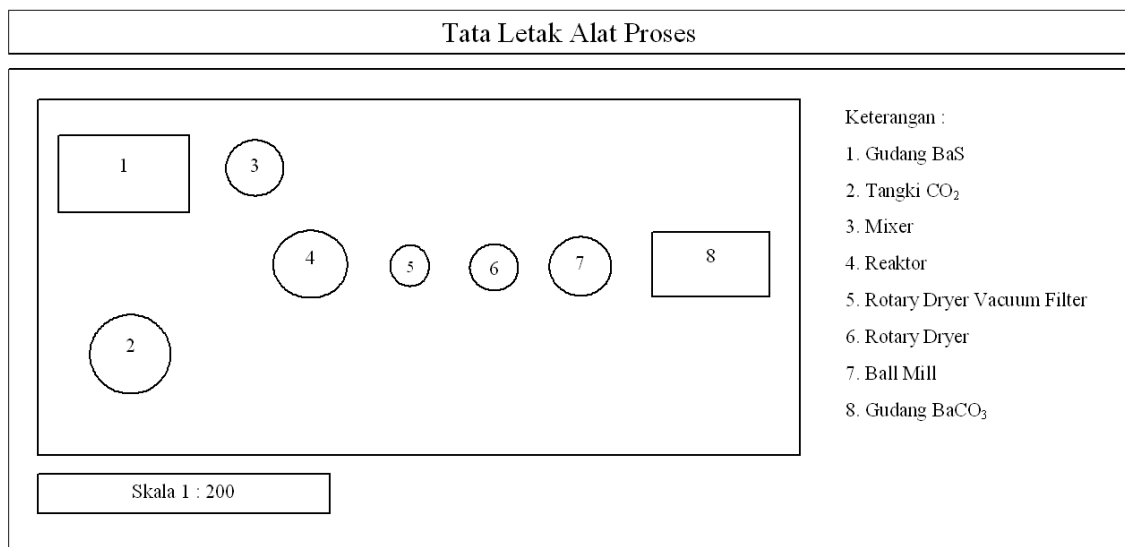
Alat proses yang memiliki suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, hal tersebut dapat meminimalisir kerusakan yang diakibatkan oleh ledakan atau kebakaran pada alat tersebut. Beberapa manfaat perancangan tata letak alat-alat proses:

- a. Menjamin kelancaran proses produksi,
- b. Memanfaatkan luas lahan yang tersedia dengan efektif

7. Maintenance

Maintenance berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

Berikut merupakan layout tata letak alat proses yang terdapat pada Gambar 4.3 diantaranya sebagai berikut :



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Ditinjau dari badan hukum, bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian, yaitu :

1. Perusahaan perseorangan, modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggung jawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.
2. Persekutuan firma, modal dapat dikumpulkan dari dua orang bahkan lebih, tanggungjawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.
3. Persekutuan komanditer (Commanditaire Vennootschap) yang biasa disingkat dengan CV terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masingnya memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modalnya dan bertanggungjawab sebatas dengan modal yang dimasukan saja).
4. Perseroan Terbatas (PT), modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, pemegang saham bertanggung jawab sebesar modal yang dimiliki.

Dengan pertimbangan diatas, Bentuk perusahaan yang direncanakan pada prarancangan pabrik ini adalah:

- Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lapangan usaha : Industri Kimia
- Lokasi Perusahaan : Kabupaten Gresik, Jawa Timur

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini adalah didasarkan atas beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Kemudahan mendapatkan modal. Penjualan saham merupakan sumber pendapatan modal yang besar dan mudah dilaksanakan. Modal dibagi dalam saham-saham, sehingga memungkinkan ikut sertanya orang yang ingin memasukkan modal dalam jumlah kecil dan tidak menghalangi pemasukan modal berjumlah besar, sehingga mudah bergerak di pasar modal dan efektif dalam pengumpulan modal dengan jalan menjual saham.
2. Wewenang dan tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Lapangan usaha yang lebih luas karena suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.
6. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah:

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang perburuhan

4.4.2 Struktur Organisasi

Dalam menjalankan perusahaan yang perlu dibutuhkan yaitu sumber daya manusia dan juga sistem manajemen atau organisasi yang mempunyai pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Terbentuknya struktur organisasi yang baik dapat diperoleh dari manajemen perusahaan yang baik juga. Struktur organisasi membantu perusahaan untuk mengatur dan membagi bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dari masing-masing bagian atau divisi yang terbentuk di dalam perusahaan tersebut.

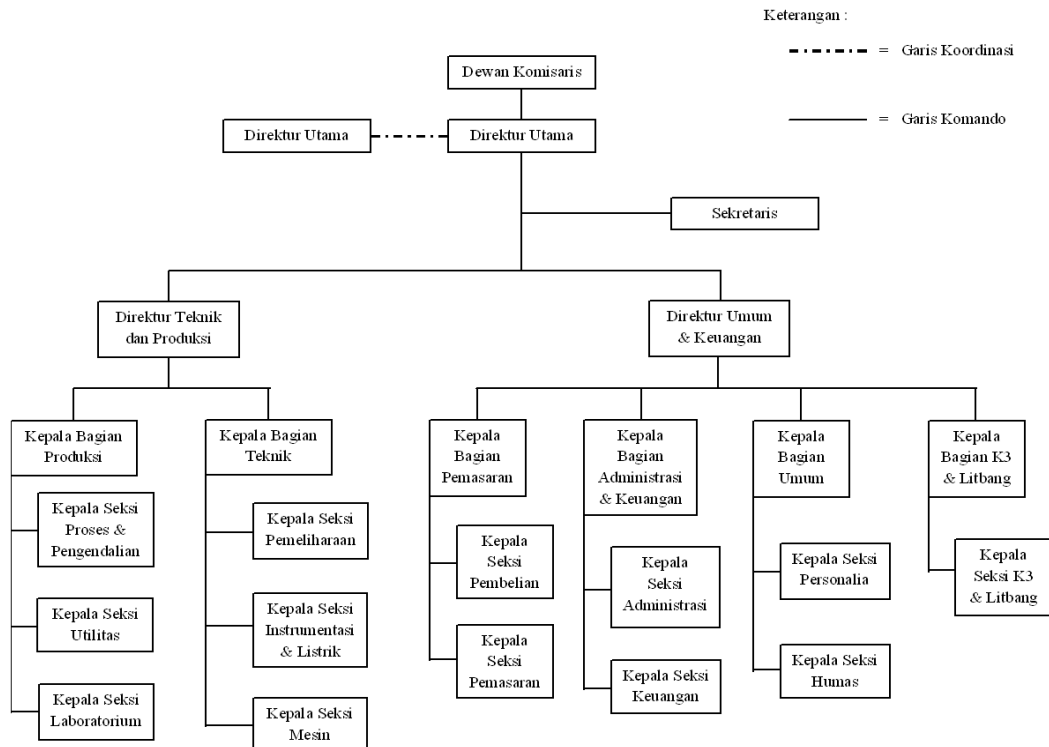
Struktur organisasi yang digunakan pada prarancangan pabrik barium karbonat ini adalah sistem line and staff. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebalikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional. Sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab kepada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli memberi bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Ada 2 kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam melaksanakan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan rencana pengembangan manajemen

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik Barium Karbonat

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan orang - orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah pemilik perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham:

- Memilih dan memberhentikan dewan komisaris
- Meminta pertanggungjawaban kepada dewan komisaris

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris berperan sebagai wakil dari para pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh rapat persero. Umumnya yang menjadi ketua dewan komisaris adalah ketua dari para pemegang saham yang dipilih dari

rapat umum pemegang saham. Tugas dan wewenang dewan komisaris:

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahan pemasaran.
- b. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas direktur.
- c. Membantu direktur utama dalam kegiatan yang bersifat penting.

3. Direktur Utama

Direktur utama memiliki jabatan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keberhasilan perusahaan sesuai dengan target. Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah:

- a. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
- b. Merumuskan dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham).
- c. Mengusulkan kerjasama dengan pihak eksternal demi kepentingan Perusahaan.
- d. Mewakili perusahaan untuk menjalin hubungan maupun perjanjian - perjanjian dengan pihak ketiga.
- e. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap orang yang bekerja dalam perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama akan dibantu oleh Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut merupakan tugas masing-masing sebagai berikut:

1. Sekretaris

Sekretaris bertugas menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lain untuk membantu dalam menangani administrasi perusahaan.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertugas memimpin semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang memiliki hubungan dengan bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium. Terhadap tugasnya direktur teknik dan produksi bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Dalam menjalankan tugasnya direktur teknik dan produksi dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu:

a. Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian produksi bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, proses, pengendalian, dan laboratorium. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian produksi akan dibantu oleh beberapa seksi yaitu, seksi proses & pengendalian, seksi utilitas dan seksi laboratorium.

b. Kepala Bagian Teknik

Kepala bagian teknik bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang teknik dan pemeliharaan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian teknik dibantu oleh 3 Kepala seksi yaitu seksi pemeliharaan, seksi instrumentasi & listrik serta seksi mesin.

3. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur keuangan dan umum bertugas memimpin semua kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Terhadap tugasnya direktur keuangan dan umum bertanggung jawab langsung terhadap

direktur utama. Dalam menjalankan tugasnya direktur keuangan dan umum dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu:

a. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian pemasaran bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemasaran dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Kepala bagian administrasi dan keuangan bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan serta pembukuan dan pengaturan gaji karyawan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian administrasi dan keuangan dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi administrasi dan seksi keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Kepala bagian umum bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang personalia, humas, dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian umum dibantu oleh kepala seksi, yaitu seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang (Penelitian dan Pengembangan Kesehatan)

Kepala bagian K3 dan litbang bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang K3 dan litbang. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian K3 dan litbang dibantu oleh dua kepala seksi, meliputi seksi K3 dan seksi Litbang.

4. Staff Ahli

Staf ahli bertugas memberi masukan, berupa saran, nasihat, dan pandangannya terhadap segala aspek operasional yang terlibat dalam perusahaan.

4.4.4 Karyawan

Dalam pembagian upah sistem yang digunakan berbeda - beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa surat keputusan direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.4.5 Rencana Kerja

Pabrik barium karbonat direncanakan akan dioperasikan selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau shut down. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan tenaga yang secara langsung menangani produksi. Kelompok kerja *shift* ini dibagi menjadi 3 *shift* sehari, masing-masing bekerja selama 8 jam, sehingga harus

dibentuk 4 kelompok dimana setiap hari terdapat 3 kelompok bertugas dan 1 kelompok istirahat. Yang termasuk karyawan *shift* ialah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* diantaranya sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift</i> I (Pagi)	07.00 – 15.00	11.00 – 12.00
<i>Shift</i> II (Siang)	15.00 – 23.00	19.00 – 20.00
<i>Shift</i> III (Malam)	23.00 – 07.00	03.00 – 04.00

Tabel 4.3 Pembagian Kerja Menurut *Shift*

Kelompok	Hari						
	1	2	3	4	5	6	7
A	I	II	III		I	II	III
B		I	II	II		I	II
C	III		I	II	III		I
D	II	III		I	II	III	

Keterangan:

A, B, C, D : Kelompok kerja *shift*

Abu-abu : Libur

2. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak langsung menangani proses produksi, yang termasuk kelompok ini adalah Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan

Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari kerja dalam seminggu dan libur pada hari sabtu dan minggu serta hari-hari libur nasional. Seminggu total kerjanya adalah 40 jam seminggu. Dengan peraturan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	07.00 – 16.00	11.00 – 13.00

4.4.6 Sistem Penggajian Karyawan

1. Sistem gaji pegawai di perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

b. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan. Besarnya sesuai dengan peraturan.

Besarnya gaji didasarkan atas ketentuan sebagai berikut :

- Segi jabatan / golongan
- Segi tingkat pendidikan
- Segi pengalaman kerja / keahlian dan masa kerja
- Segi lingkungan yang berhubungan dengan resiko kerja

Berikut Tabel 4.5 merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya.

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Direktur Utama	1	41.000.000	41.000.000	492.000.000	492.000.000
2.	Staff Ahli	1	19.000.000	19.000.000	228.000.000	228.000.000
3.	Sekretaris	1	19.000.000	19.000.000	228.000.000	228.000.000
4.	Direktur Teknik dan Produksi	1	31.000.000	31.000.000	372.000.000	372.000.000
5.	Direktur Keuangan dan Umum	1	31.000.000	31.000.000	372.000.000	372.000.000
6.	Kepala Bagian Umum	1	17.000.000	17.000.000	204.000.000	204.000.000
7.	Kepala Bagian Pemasaran	1	17.000.000	17.000.000	204.000.000	204.000.000
8.	Kepala Bagian Keuangan	1	17.000.000	17.000.000	204.000.000	204.000.000
9.	Kepala Bagian Teknik	1	17.000.000	17.000.000	204.000.000	204.000.000
10.	Kepala Bagian Produksi	1	17.000.000	17.000.000	204.000.000	204.000.000
11.	Kepala Bagian Litbang	1	17.000.000	17.000.000	204.000.000	204.000.000
12.	Kepala Seksi Personalia	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
13.	Kepala Seksi Humas	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
14.	Kepala Seksi Keamanan	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
15.	Kepala Seksi Pembelian	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
16.	Kepala Seksi Pemasaran	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
17.	Kepala Seksi Administrasi	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
18.	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
19.	Kepala Seksi Proses	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
20.	Kepala Seksi Pengendalian	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
21.	Kepala Seksi Laboratorium	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
22.	Kepala Seksi Utilitas	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
23.	Kepala Seksi Pengembangan	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
24.	Kepala Seksi Penelitian	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
25.	Kepala Seksi Instrumentasi & Listrik	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
26.	Karyawan Personalia	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000
27.	Karyawan Humas	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000
28.	Karyawan Pembelian	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
29.	Karyawan Pemasaran	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000
30.	Karyawan Administrasi & Keuangan	5	9.000.000	45.000.000	540.000.000	540.000.000
31.	Karyawan Proses	10	9.000.000	90.000.000	1.080.000.000	1.080.000.000
32.	Karyawan Pengendalian	3	9.000.000	27.000.000	324.000.000	324.000.000
33.	Karyawan Laboratorium	3	9.000.000	27.000.000	324.000.000	324.000.000
34.	Karyawan Pemeliharaan	3	9.000.000	27.000.000	324.000.000	324.000.000
35.	Karyawan Utilitas	8	9.000.000	72.000.000	864.000.000	864.000.000
36.	Karyawan K3	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000
37.	Karyawan Litbang	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000
38.	Operator Proses	8	7.000.000	56.000.000	672.000.000	672.000.000
39.	Operator Utilitas	4	7.000.000	28.000.000	336.000.000	336.000.000
40.	Dokter	2	9.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
41.	Perawat	2	7.000.000	14.000.000	168.000.000	168.000.000
42.	Satpam	6	6.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
43.	Supir	6	6.000.000	36.000.000	432.000.000	432.000.000
44.	Cleaning Service	5	6.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
Total		114		1.189.000.000		14.268.000.000

Gaji karyawan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya. Apabila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji akan dilakukan sehari sebelumnya.

4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Hak Cuti

- Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

- Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

- Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan shift, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*).

3. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan.

4. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

5. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

6. Penyediaan fasilitas bagi karyawan

- a. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
- b. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
- c. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
- d. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
- e. Penyediaan fasilitas kantin
- f. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan unit penunjang yang memiliki peran penting dalam berjalannya suatu proses di industri dimana unit utilitas menyediakan bahan-bahan dan alat penggerak yang ada pada proses produksi pabrik. Perancangan utilitas dibutuhkan untuk menjamin keberlangsungan suatu pabrik. Beberapa penyediaan utilitas yang dibutuhkan pabrik antara lain:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengelolaan Limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan dan pengolahan air merupakan sebuah proses pengolahan air baku menjadi air bersih karena air yang diambil dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang terdiri dari *suspended solid* (*impurities* terlarut) dan *dissolved solid* (*impurities* terlarut). Secara umum kebutuhan air suatu industri dipenuhi menggunakan air sumur, air danau, air sungai, atau air laut sebagai sumbernya. Perancangan pabrik Barium Karbonat ini menggunakan Telaga Parengan sebagai sumber mendapatkan air karena dekat dengan lokasi pabrik. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air telaga yang dilakukan secara fisis dan kimia. Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan :

a. Air Domestik

Menurut standar yang ditetapkan WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter/hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter/hari (Sularso, 2001). Karyawan pada pabrik ini berjumlah 114 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar :

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Karyawan	11.143,554
2	Mess Karyawan	5.000
Total		16.143,554

b. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Kebutuhan air pendingin telampir pada Tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	33,241
<i>Cooling Conveyor-01</i>	CC-01	8,477
Total		41,718

Perancangan dibuat over design sebanyak 20% sehingga menjadi 50,062 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air make-up yaitu sebesar 0,4096 kg/jam.

c. Air untuk *Steam*

Pabrik menggunakan air *steam* sebagai media pemanas. Air *steam* yang dapat digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan. Apabila air *boiler* tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan pencegahan agar tidak terjadi *scalling*, *fouling* dan *foaming*. Kebutuhan *steam* telampir pada Tabel 5.3 sebagai berikut :

Tabel 5.3 Kebutuhan Air *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Heater-01</i>	HE-01	113,807
<i>Heater-02</i>	HE-01	0,173
Total		113,980

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 136,776 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 85% dimanfaatkan kembali, sehingga diperlukan 15% air *make-up*, dikarenakan terjadinya *blowdown* pada *boiler* sebesar 10% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 24,620 kg/jam.

d. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan barium karbonat, berikut merupakan syarat baku mutu air proses:

1. Turbiditas <0,1 FTU
2. Ph berkisar antara 6,5-7,5
3. M-Alkali <10 mg/L
4. Iron <0,1 mg/L
5. SiO₂ = 2 mg/L

(Sumber: Batan.go.id)

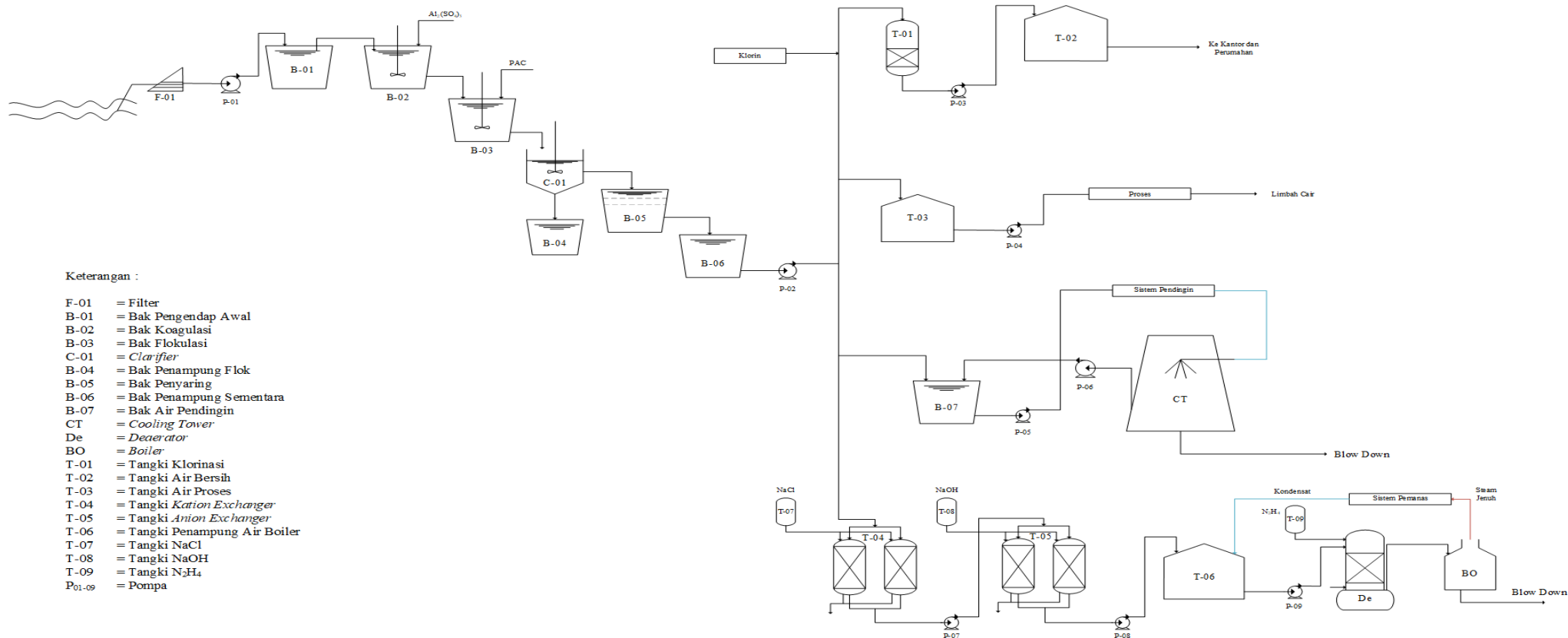
Kebutuhan air proses telampir pada Tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Mixer-01</i>	M-01	12.463,652
<i>Rotary Drum Vacuum Filter-01</i>	RDVF-01	1.357,922
Total		13.821,573

e. *Air Service*

Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 250 kg/jam



Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air telaga tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

a. Penghisapan

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap screening air akan ditampung di dalam *reservoir*.

b. Screening

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah - sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

c. Penggumpalan/Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Alumunium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

d. Flokulasi

Proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel dan kontaminan air telaga menjadi flok dengan penambahan *Poly Aluminium Chlorida* (PAC) hingga mencapai ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

e. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk flok tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

f. *Sand filter*

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat *sand filter* untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

g. Penampungan air bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- *Service water*
- Air domestik
- *Make up cooling tower*
- *Make up boiler*
- Air Proses

h. Demineralisasi

Untuk umpan *boiler* dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan, yaitu bebas dari garam-garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung dalam *filtered water* sehingga

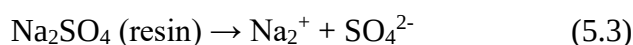
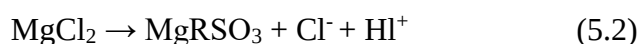
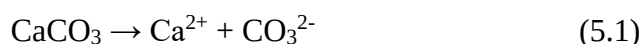
konduktivitasnya dibawah 0,3 ohm dan kandungan silika lebih kecil dari 0,02 ppm.

Beberapa tahapan proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

- *Cation Exchanger*

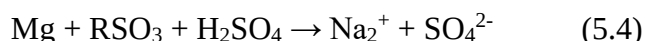
Cation exchanger berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation- kation yang dikandung di dalam air seperti *Calcium* (Ca), *Magnesium* (Mg), *Natrium* (Na), *Potassium* (K), *Mangan* (Mn), *Iron* (Fe) diganti dengan ion H^+ sehingga air yang keluar dari cation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ , sehingga air yang keluar dari kation tower adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi :



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

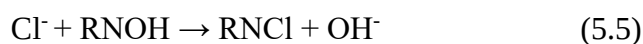
Reaksi :



- *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat anion yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu resin tersebut.

Reaksi :



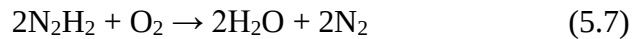
Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi :



- Deaerasi

Deaerasi merupakan proses pembebasan air umpan *boiler* dari oksigen (O_2), air yang telah diproses melalui demineralisasi (*polish water*) akan dipompakan ke dalam dearetor dan diinjeksikan oleh *hidrazin* (N_2H_4), bertujuan untuk meningkatkan oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.



Air yang keluar dari Deaerator ini dialirkan engan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generator System*)

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi barium karbonat, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 1.000 kW
Jenis : *Water Tube Boiler*
Jumlah : 1

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve sistem* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O_2 , Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi maka korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C , kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar

dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik barium karbonat ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

Kapasitas : 1.000
 Jenis : *AC Generator*
 Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik barium karbonat diantaranya sebagai berikut :

a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
<i>Mixer-01</i>	M-01	15	11.032,481
Reaktor-01	R-02	5	3.677,494
<i>Rotary Drum Vacuum Filter-01</i>	RDVF-01	5	3.677,494
<i>Rotary Dryer-01</i>	RD-01	0,05	36,775
<i>Ball Mill-01</i>	BM-01	10	7.354,988
<i>Blower-01</i>	B-01	0,125	91,937

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses (Lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
<i>Cooling Conveyor-01</i>	CC-01	5	3.677,494
<i>Screw Conveyor-01</i>	SC-01	0,43	316,264
<i>Screw Conveyor-02</i>	SC-02	0,43	316,264
<i>Screw Conveyor -03</i>	SC-01	0,43	316,264
<i>Bucket Elevator -01</i>	BE-01	0,05	36,775
Pompa-01	P-01	0,250	183,875
Pompa-02	P-02	0,083	61,292
Total		41,848	30.779,397

Power yang dibutuhkan = 30.779,397 Watt = 30,779397 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
Bak Koagulasi	B-02	40	29.419,950
Bak Flokulasi	B-03	1,50	1.103,248
<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	0,05	36,775
Kompresor Udara	CP-01	2	1.470,998
Pompa-01	P-01	1,50	1.103,248
Pompa-02	P-02	3	2.206,496
Pompa-03	P-03	1,50	1.103,248
Pompa-04	P-04	0,17	122,583
Pompa-05	P-05	0,05	36,775
Pompa-06	P-06	0,05	36,775
Pompa-07	P-07	0,05	36,775
Pompa-08	P-08	0,05	36,775
Pompa-09	P-09	0,05	36,775
Total		146,525	36.750,421

Power yang dibutuhkan = 36.750,421Watt = 36,750421kW

Kebutuhan motor penggerak total = 130,047 kW

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

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

$P = 16,882 \text{ kW}$

d. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$P = 10,129 \text{ kW}$

e. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, komputer, dan lain-lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

$P = 10,129 \text{ kW}$

f. Kebutuhan Listrik untuk Bengkel, Laboratorium, dan lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$P = 16,882 \text{ kW}$

g. Kebutuhan Listrik Mess

Setiap kamar diperkirakan memerlukan listrik = 1000 Watt

Total kamar = 20

Kebutuhan listrik mess = 20000 Watt

= 20 kW

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 5.7 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	<i>Power Plant</i>	30,779
2	Utilitas	36,750
3	Alat Kontrol	16,882
4	Penerangan	10,129
5	Peralatan Kantor	10,129
6	Bengkel, Laboratorium	16,882
7	Mess	20
Total		141,554

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen instrumen kontrol sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara *pneumatis*. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 5,5 bar. Dalam pabrik barium karbonat ini terdapat sekitar 12 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan *compressor* yang dilengkapi filter (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 5,5 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 22,429 m³/jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 117,525 L/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan dari pabrik barium karbonat dapat diklasifikasikan menjadi tiga:

1. Bahan Buangan Cair

Buangan cairan dapat berupa:

- a. Air buangan yang mengandung zat organik
- b. Buangan air domestik
- c. *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
- d. *Blow down cooling water* dan air buangan proses

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.

Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.

Blow down cooling water dan buangan proses akan di *recycle* dan digunakan kembali pada proses produksi selanjutnya.

2. Bahan buangan Padat berupa Lumpur dari Proses Pengolahan air dan Slurry dari Unit Proses

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

3. Bahan Buangan Gas

Produk samping dari pabrik ini adalah gas hidrogen sulfida, gas ini akan langsung dijual kepada pabrik yang membutuhkan.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.8 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas

Pompa	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan air dari telaga menuju <i>Screening</i>	Mengalirkan air dari Bak Penmpung Sementara (B-03) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (T-01) menuju Tangki Air Bersih (T-02)	Mengalirkan air dari Tangki Air Proses (T-03) menuju ke Unit Proses	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (B-08) menuju ke <i>Cooling Tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>				<i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Laju Alir (gpm)	103,654	110,930	84,718	15,022	0,202
IPS (in)	4	4	4	1,5	1,25
OD (in)	4,026	4,026	4,026	1,61	1,38
ID (in)	4,50	4,50	4,50	1,66	1,66
Tenaga Pompa (HP)	0,810	1,9260	1,05	0,119	0,0036
Tenaga Motor (HP)	1,5	3	1,5	0,2	0,05

Tabel 5.8 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas (Lanjutan)

Pompa	P-06	P-07	P-08	P-09
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari Bak Air Pendingin (B-08)	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (Kation Exchanger) (T-04) menuju <i>Mixed Bed</i> (Anion Exchanger) (T-05)	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (T-05) menuju ke Tangki Penampung Air Boiler (T-06)	Mengalirkan air dari Tangki Umpan Boiler (T-06) menuju Tangki Deaerator (De)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Tipe	<i>Radial Flow Impellers</i>			
Bahan	<i>Commercial Steel</i>			
Laju Alir (gpm)	0,202	0,707	0,707	0,707
IPS (in)	1,25	0,5	0,5	0,5
No.Sch	40	40	40	40
OD (in)	1,38	0,622	0,622	0,622
ID (in)	1,66	0,84	0,84	0,84
Tenaga Pompa (HP)	0,0036	0,0018	0,0018	0,0015
Tenaga Motor (HP)	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabel 5.9 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	B-01	B-02	B-03	B-04	B-06	B-07
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tidak di kehendaki	Tempat terjadinya pengumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan <i>Poly Aluminium Chlorida</i> (PAC)	Menampung flok dari <i>clarifier</i>	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi	Bak Silinder Tegak	Bak Silinder Tegak	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi
Bahan	Beton Bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang dan dilapisi porselin
Panjang (m)	5.776	-	-	2,213	4,752	0,656
Lebar (m)	5.776	-	-	1,107	2,376	1,311
Tinggi (m)	2.888	3,256	7,015	1,107	2,376	1,311
Diameter (m)	-	3,256	3,507	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki

Tangki	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan kantor dan perumahan	Menampung air untuk keperluan kantor dan perumahan	Menyimpan air yang akan digunakan pada unit proses	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg	Menghilangkan anion dari air yang keluar dari <i>kation exchanger unit</i>
Jenis	Silinder Tegak Berpengaduk	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Tinggi (m)	2,926	8,441	4,742	0,914	0,914
Volume (m ³)	19,672	472,134	83,719	● Bed = 0,009 ● Resin = 51,543	● Bed = 0,009 ● Resin = 51,543
Diameter (m)	2,926	8,441	4,742	0,119	0,119
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki (Lanjutan)

Tangki	T-06	T-07	T-08	T-09
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan <i>boiler</i>	Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>anion exchanger</i>	Menyimpan larutan N_2H_4 untuk dearator
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>			
Tinggi (m)	0,594	0,352	0,017	0,597
Volume (m ³)	0,164	0,034	0,280	0,167
Diameter (m)	0,594	0,352	0,280	0,597
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5.11 Spesifikasi *Screener* Utilitas

Alat	<i>Screener</i> (F-01)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
Material	Alumunium
Kapasitas (kg/jam)	20.058
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	1
Diameter (m)	1
Jumlah	1

Tabel 5.12 Spesifikasi *Sand Filter* Utilitas

Alat	<i>Sand Filter</i> (B-05)
Fungsi	Menyaring sisa-sisa kotoran yang masih terdapat dalam air terutama kotoran yang berukuran kecil yang tidak dapat mengendap di clarifier
Bentuk	Bak berbentuk balok
Kapasitas (kg/jam)	20.058
Tinggi (m)	0,852
Panjang (m)	1,703
Lebar (m)	1,703
Volume (m ³)	2,471
Jumlah	1

Tabel 5.13 Spesifikasi *Clarifier*

Alat	<i>Clarifier (C-01)</i>
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang ada pada air dari tangki kesadahan
Jenis	<i>External solid recirculation clarifier</i>
Volume (m ³)	52,038
Diameter (m)	4,047
Tinggi (m)	5,396
Jumlah	1

Tabel 5.14 Spesifikasi *Cooling Tower Utilitas*

Alat	<i>Cooling Tower (CT-01)</i>
Fungsi	Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin dan mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Panjang (m)	0,096
Lebar (m)	0,096
Tinggi (m)	1,219
Jumlah	1

Tabel 5.15 Spesifikasi *Deaerator*

Alat	<i>Deaerator (De-01)</i>
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ , NH ₃ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>boiler</i> dan turbin
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Diameter (m)	0,594
Volume (m ³)	0,164
Tinggi (m)	0,594
Jumlah	1

Tabel 5.16 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

Alat	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Efisiensi	86%
Power (Hp)	0,05
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1

Tabel 5.17 Spesifikasi *Boiler*

Alat	<i>Boiler (Bo-01)</i>
Fungsi	Membuat steam jenuh
Jenis	<i>Water tube boiler</i>
Volume (m ³)	1,191
Steam (kg/jam)	136,776
Jumlah	1

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan dari segi ekonomi, maka diperlukan evaluasi ekonominya. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat – alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga tersebut dipakai sebagai dasar untuk estimasi evaluasi ekonomi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas. Untuk itu pada perancangan pabrik barium karbonat ini, terdapat beberapa faktor-faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - 1.1 *Percent return on investment* (ROI)
 - 2.1 *Pay out time* (POT)
 - 3.1 *Break event point* (BEP)
 - 4.1 *Shut down point* (SDP)
 - 5.1 *Discounted cash flow* (DCF)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses pada tiap alat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan setiap tahun akan berbeda, harga dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung dengan kondisi ekonomi, sehingga akan sulit untuk menentukan harga peralatan secara pasti. Untuk memperkirakan harga peralatan dapat dilakukan dengan mengetahui harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2022 untuk pembelian alat pada tahun pembangunan yaitu 2027. Dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga kebutuhan pabrik lainnya diperhitungkan pada tahun analisa. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2018

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	323,8
2	1988	342,5
3	1989	355,4
4	1990	357,6
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2018 (Lanjutan)

23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8
30	2016	541,7
31	2017	507,5
32	2018	603,1

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.1)$$

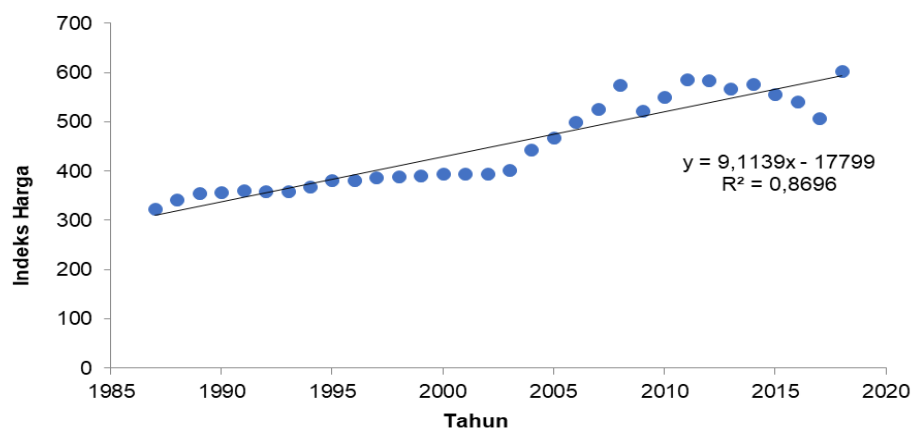
Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2027

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : Index harga pada tahun 2027

Ny : Index harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6.1 Grafik Regresi Linear

Persamaan yang diperoleh dari grafik yang tertera adalah $y = 9,1139x - 17799$. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari nilai CEP Indeks pada tahun referensi dan perancangan, sehingga nilai CEP Indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara nilai CEP Indeks pada tahun perancangan 2027 sebesar 674,875 . Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2027	2014	2027
1	Tangki CO ₂	T-01	1	576,10	674,88	\$ 152.200,00	\$ 178.295
2	<i>Hopper</i>	H-01	1	576,10	674,88	\$ 1.900,00	\$ 2.226
3	Reaktor	R-01	1	576,10	674,88	\$ 46.600,00	\$ 54.590
4	<i>Mixer</i>	M-01	1	576,10	674,88	\$ 19.200,00	\$ 22.492
5	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>	RDVF-01	1	576,10	674,88	\$ 82.000,00	\$ 96.059
6	<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	1	576,10	674,88	\$ 93.900,00	\$ 110.000
7	<i>Ball Mill</i>	BM-01	1	576,10	674,88	\$ 89.000,00	\$ 104.260
8	<i>Expansion Valve</i>	(EV-01) – (EV-02)	2	576,10	674,88	\$ 25.513,00	\$ 59.775
9	<i>Screw Conveyor</i>	(SC-01) - (SC-03)	3	576,10	674,88	\$ 3.800,00	\$ 13.355
10	<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	1	576,10	674,88	\$ 6.200,00	\$ 7.263
11	<i>Cooling Conveyor</i>	CC-01	1	576,10	674,88	\$ 5.000,00	\$ 5.857
12	<i>Heater</i>	(HE-01) – (HE-02)	2	576,10	674,88	\$ 800,00	\$ 1.874
13	<i>Blower</i>	(BL-01)	1	576,10	674,88	\$ 3.300,00	\$ 3.866
14	Pompa	(P-01) - (P-02)	2	576,10	674,88	\$ 13.988,15	\$ 32.773
15	Gudang	(G-01) - (G-02)	2	576,10	674,88	\$ 32.679,74	\$ 76.566
Total			22			\$ 576.080,89	\$ 771.277

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2027	2014	2027
1	<i>Filter</i>	F-01	1	576,10	674,88	\$ 17.400	\$ 20.383
2	Bak Pengendapan Awal/Sedimentasi	B-01	1	576,10	674,88	\$ 17.900	\$ 20.969
3	Bak Koagulasi	B-02	1	576,10	674,88	\$ 18.100	\$ 21.203
4	Bak Flokulasi	B-03	1	576,10	674,88	\$ 18.100	\$ 21.203
5	Bak Penampung Flok	B-04	1	576,10	674,88	\$ 11.900	\$ 13.940
6	Bak Penyaring (<i>Sand Filter</i>)	B-05	1	576,10	674,88	\$ 32.400	\$ 37.955
7	Bak Air Penampung Sementara	B-06	1	576,10	674,88	\$ 8.100	\$ 9.489
8	Bak Air Pendingin	B-07	1	576,10	674,88	\$ 800	\$ 937
9	<i>Cooling Tower</i>	CT-01	1	576,10	674,88	\$ 150.000	\$ 175.718
10	<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	1	576,10	674,88	\$ 300	\$ 351
11	<i>Deaerator</i>	DE-01	1	576,10	674,88	\$ 11.082	\$ 12.982
12	<i>Boiler</i>	BO-01	1	576,10	674,88	\$ 219.700	\$ 257.369
13	Tangki Klorinasi	T-01	1	576,10	674,88	\$ 10.700	\$ 12.535
14	Tangki Air Bersih	T-02	1	576,10	674,88	\$ 43.400	\$ 50.841
15	Tangki Air Proses	T-03	1	576,10	674,88	\$ 20.900	\$ 24.483
16	<i>Mixed Bed (Kation & Anion Exchanger)</i>	(T-04) - (T-05)	1	576,10	674,88	\$ 1.500	\$ 1.757
17	Tangki Penampung Air Boiler	T-06	1	576,10	674,88	\$ 3.300	\$ 3.865,80
18	Tangki NaCl	T-07	1	576,10	674,88	\$ 2.700	\$ 3.163
19	Tangki NaOH	T-08	1	576,10	674,88	\$ 2.500	\$ 2.929
20	Tangki N2H4	T-09	1	576,10	674,88	\$ 2.500	\$ 2.929
21	Tangki Alum	T-10	1	576,10	674,88	\$ 30.900	\$ 36.198
22	Tangki Kaporit	T-11	1	576,10	674,88	\$ 30.900	\$ 36.198
23	Tangki bahan bakar generator	T-07	1	576,10	674,88	\$ 13.800	\$ 16.166,08
24	Pompa 1	P-01	1	576,10	674,88	\$ 6.926	\$ 8.113,50
25	Pompa 2	P-02	1	576,10	674,88	\$ 6.926	\$ 8.113,50
26	Pompa 3	P-03	1	576,10	674,88	\$ 8.500	\$ 9.957,37
27	Pompa 4	P-04	1	576,10	674,88	\$ 8.500	\$ 9.957,37
28	Pompa 5	P-05	1	576,10	674,88	\$ 8.500	\$ 9.957,37
29	Pompa 6	P-06	1	576,10	674,88	\$ 1.831	\$ 2.144,93
30	Pompa 7	P-07	1	576,10	674,88	\$ 1.831	\$ 2.144,93
31	Pompa 8	P-08	1	576,10	674,88	\$ 1.831	\$ 2.144,93
32	Pompa 9	P-09	1	576,10	674,88	\$ 1.017	\$ 1.191,37
33	Kompresor	KP	1	576,10	674,88	\$ 5.500	\$ 6.443,00
34	Total	33		\$ 843.734			

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 5.000 Ton / Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 Tahun
Kurs mata uang	: 1 \$ = Rp 15.300 (Per 4 Maret 2023)
Tahun pabrik didirikan	: 2027
UMR Kota Cilegon	: Rp 4.522.030,51 (tahun 2027)

6.3 Komponen Biaya

1. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah total biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 24.709.658.140	\$ 1.615.010
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 6.177.414.535	\$ 403.753
3	Instalasi cost	Rp 4.340.824.781	\$ 283.714
4	Pemipaan	Rp 5.949.698.078	\$ 388.869
5	Instrumentasi	Rp 3.117.292.950	\$ 203.745
6	Insulasi	Rp 994.846.367	\$ 64.023
7	Listrik	Rp 3.706.448.721	\$ 242.252
8	Bangunan	Rp 26.849.180.000	\$ 1.754.848
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 41.100.000.000	\$ 2.686.275
Total		Rp 116.945.363.573	\$ 7.643.488

Tabel 6.5 *Direct Plan Cost (DPC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 23.389.072.715	\$ 1.528.698
Total		Rp 163.723.509.002	\$ 10.700.883

Tabel 6.6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC	Rp 140.334.436.287	\$ 9.172.185
2	Kontraktor	Rp 14.033.443.629	\$ 917.219
3	Biaya tak terduga	Rp 35.083.609.072	\$ 2.293.046
Total		Rp 189.451.488.987	\$ 12.382.450

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- Investasi yang cepat kembali
- Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dan lain-lain.

Tabel 6.7 *Working Capital Investment (WCI)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 12.024.313.137	\$ 785.903
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 11.123.603.840	\$ 727.033
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 22.247.207.680	\$ 1.454.066
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 35.454.545.455	\$ 2.317.291
5	<i>Available Cash</i>	Rp 22.247.207.680	\$ 1.454.066
Total		Rp 103.096.877.791	\$ 6.738.358

2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk, *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing Cost* antara lain :

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6.8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 132.267.444.512	\$ 8.644.931,01
2	<i>Labor</i>	Rp 14.268.000.000	\$ 932.549,02
3	<i>Supervision</i>	Rp 3.567.000.000	\$ 233.137,25
4	<i>Maintenance</i>	Rp 18.945.148.899	\$ 1.238.245,03
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 2.841.772.335	\$ 185.736,75
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 3.900.000.000	\$ 254.901,96
7	<i>Utilities</i>	Rp 7.679.625.161	\$ 501.936,29
Total		Rp 183.468.990.907	\$ 11.991.437

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6.9 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.853.600.000	\$ 186.510
2	<i>Laboratory</i>	Rp 2.853.600.000	\$ 186.510
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 11.414.400.000	\$ 746.039
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 19.500.000.000	\$ 1.274.510
Total		Rp 36.621.600.000	\$ 2.393.569

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6.10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 18.945.148.899	\$ 1.238.245
2	<i>Property taxes</i>	Rp 3.789.029.780	\$ 247.649
3	<i>Insurance</i>	Rp 1.894.514.890	\$ 123.825
Total		Rp 24.628.693.568	\$ 1.609.719

Tabel 6.11 *Total Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 183.468.990.907	\$ 11.991.437
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 36.621.600.000	\$ 2.393.569
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 24.628.693.568	\$ 1.609.719
Total		Rp 244.719.284.475	\$ 15.994.724

3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6.12 *General Expense (GE)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administratio n</i>	Rp 4.894.385.690	\$ 319.894
2	<i>Sales expense</i>	Rp 36.707.892.671	\$ 2.399.209
3	<i>Research</i>	Rp 12.235.964.224	\$ 799.736
4	<i>Finance</i>	Rp 5.850.967.336	\$ 382.416
Total		Rp 59.689.209.920	\$ 3.901.256

Tabel 6.13 *Total Production Cost*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 244.719.284.475	\$ 15.994.724
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 59.689.209.920	\$ 3.901.256
Total		Rp 304.408.494.395	\$ 19.895.980

6.4 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 390.000.000.000
 Total Production cost : Rp 304.408.494.395
 Keuntungan : Total Penjualan – Total biaya produksi
 Rp 85.591.505.605

2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 22% dari keuntungan : 25% x Rp 85.591.505.605
 Rp 21.397.876.401
 Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak
 Rp 64.193.629.204

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

1. *Return on Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$\%ROI = \frac{Provit}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\% \quad (6.2)$$

- a. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI\ b = 45,18\ \%$$

- b. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI\ a = 33,88\ \%$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment\ (FCI)}{Keuntungan + Depresant} \quad (6.3)$$

- a. POT Sebelum Pajak (POTb)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum

adalah 5 tahun.

$$POT\ b = 1,8\ \text{tahun}$$

- b. POT setelah pajak (POTa)

$$POT\ a = 2,3\ \text{tahun}$$

3. Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga per unit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 40-60%.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana :

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 Annual

Tabel 6.14 *Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 18.945.148.899	\$ 1.238.245
2	<i>Property taxes</i>	Rp 3.789.029.780	\$ 247.649
3	<i>Insurance</i>	Rp 1.894.514.890	\$ 123.825
Total		Rp 24.628.693.568	\$ 1.609.719

Tabel 6.15 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 14.268.000.000	\$ 932.549
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 11.414.400.000	\$ 746.039
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.853.600.000	\$ 186.510
4	<i>Supervision</i>	Rp 3.567.000.000	\$ 233.137
5	<i>Laboratory</i>	Rp 2.853.600.000	\$ 186.510
6	<i>Administration</i>	Rp 4.894.385.690	\$ 319.894
7	<i>Finance</i>	Rp 5.850.967.336	\$ 382.416
8	<i>Sales expense</i>	Rp 36.707.892.671	\$ 2.399.209
9	<i>Research</i>	Rp 12.235.964.224	\$ 799.736
10	<i>Maintenance</i>	Rp 18.945.148.899	\$ 1.238.245
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 2.841.772.335	\$ 185.737
Total		Rp 116.432.731.154	\$ 7.609.982

Tabel 6.16 *Annual Variable Value (Va)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 132.267.444.512	\$ 8.644.931
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp 19.500.000.000	\$ 1.274.510
3	<i>Utilities</i>	Rp 7.679.625.161	\$ 501.936
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 3.900.000.000	\$ 254.902
Total		Rp 163.347.069.673	\$ 10.676.279

Tabel 6.17 *Annual Sales Value (Sa)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Annual Sales Value</i>	Rp 390.000.000.000	\$ 25.490.196
Total		Rp 390.000.000.000	\$ 25.490.196

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 41,03 \%$$

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$\text{SDP} = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\% \quad (6.5)$$

$$\text{Didapatkan SDP} = 24,06 \%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow rate of return adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi

yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Batasan DCFR sendiri adalah 1,5 kali bunga bank.

$$\frac{(WC+FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + (1+i)^8 + \dots + (1+i)^1) \frac{WC+SV}{CV} \quad (6.6)$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut

FCI = Rp 189.451.488.987

WCI = Rp 103.096.877.791

SV = Rp 18.945.148.899

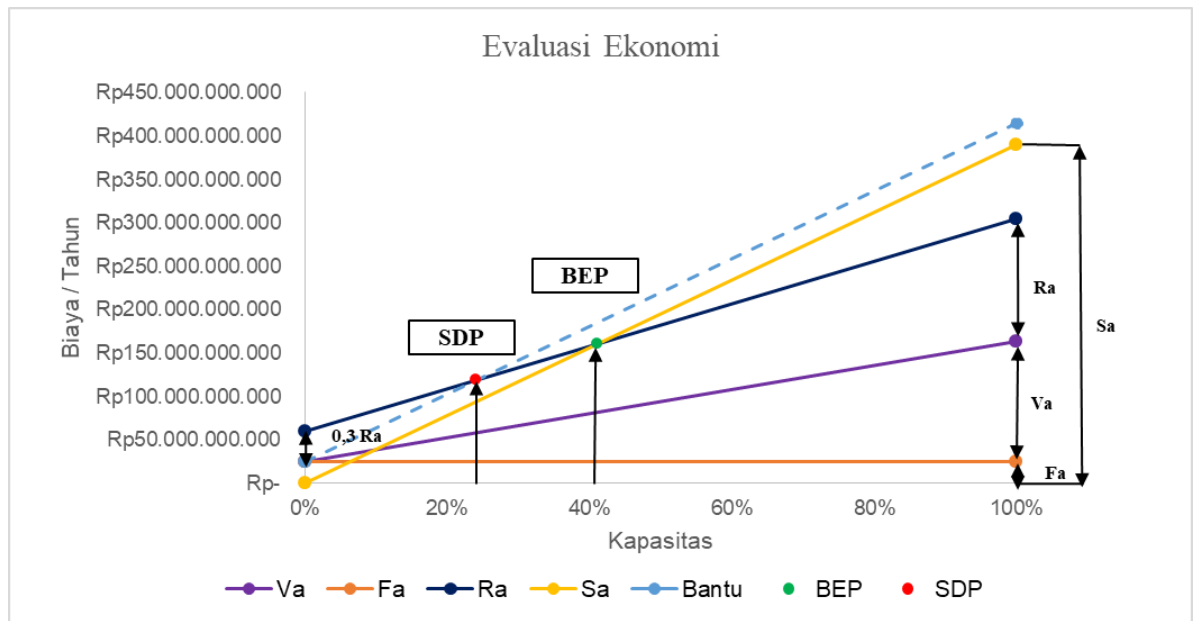
n = 10 tahun

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai

DCFR adalah :

DCFR = 23,79%

Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut :



Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, baik analisis ekonomi maupun teknik maka dapat diambil kesimpulan :

1. Pabrik barium karbonat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah Jarangkuwung, Kabupaten Gresik dengan luas tanah keseluruhan 30.000 m² dan jumlah karyawan 114 orang.
2. Pabrik barium karbonat dari barium sulfida dan karbon dioksida dengan kapasitas 5.000 ton/tahun digolongkan sebagai pabrik yang beresiko tinggi karena menghasilkan produk samping berupa hidrogen sulfida (H₂S). yang sangat beracun dan mudah terbakar.
3. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. ROI sebelum pajak 45,18 % dan sesudah pajak 33,88 % (minimum ROI sebelum pajak 44% untuk pabrik *high risk industrial chemical*)
 - b. POT sebelum pajak 1,8 tahun dan sesudah pajak 2,3 tahun (nilai POT sebelum pajak lebih kecil dari *standar high risk industrial chemical* sebesar 2 tahun)
 - c. *Break Event Point* (BEP) = 41,03% (Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%)
 - d. *Shut Down Point* (SDP) = 24,06% (Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%)
 - e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) = 23,79%

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik barium karbonat dari barium sulfida dan karbon dioksida dengan kapasitas 5.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

1. Perancangan pabrik kimia memerlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik.
2. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Assauri, Sofjan. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi 4. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Astuti dan Thoha. 2017. *Analisis Kandungan Co2 Dengan Sensor Dan Berbasis Logger Pro di Daerah Yogyakarta*. Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah. Vol. 1 No. 1 Hal: 5 - 8.
- Badan Pusat Statistik. 2021. <https://www.bps.go.id/> . Diakses Pada Tanggal 23 Desember 2022 Pukul 16.00 WIB.
- Brown, G G. 1977. Unit Operations. CBS, New Delhi.
- Brownell, L E. Young, E H. 1959. Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Chase, Richard B., Nicholas J. Aquilano, F. Robert Jacobs. 1988. *Productions and Operations*
- Duda, W. H. (1985). *Cement Data Book*. Berlin : Bauverlag.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air (Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan)*. Yogyakarta: Kanisius.
- Global Manufacturers (gmdu). 2022. <https://www.gmdu.net/> . Diakses Pada Tanggal 24 Desember 2022 Pukul 13.00 WIB.
- Gupta, R. K., and Sharma, M. M. (1967). Absorption of carbon dioxide and chlorine in aqueous solutions of barium sulfide, Indian Chem. Eng. Trans., 100–106.
- Kern, D.Q. 1983. Process Heat Transfer. Mc GrawHill Book Co. Inc., New York.

- Linde USA. 2019. Safety Data Sheet P-4611: Hydrogen Sulfide.
<https://www.lindeus.com/-/media/corporate/praxairus/documents/specification-sheets-and-brochures/gases/hydrogen/hydrogen-sulfide-h2s-spec-sheet-ss-p4611.pdf>.
 Diakses Pada Tanggal 22 Februari 2022
- Linde USA. 2020. Safety Data Sheet P-4574: Carbon Dioxide.
<https://www.lindecana.ca/-/media/corporate/praxair-canada/documents-en/safety-data-sheet-linde-canada/e-4574-carbon-dioxide-safety-data-sheet-sds.pdf>. Diakses Pada Tanggal 22 Februari 2022
- Management: Manufacturing and Services*, Eighth Edition. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Othmer, Kirk. 1965. “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 3rd edition vol. 23. New York : Mc Graw Hill Companies Inc.
- Patnaik, P., 2003, “*Handbook of Inorganic Chemical*”, p. 867-870, 899-902, Mc Graw Hill company, Inc. New york.
- Perry, R.H. and D. W. Green. 1997. *Perry's Chemical Engineering Handbooks*, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Perry, R.H. and D. W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineering Handbooks*, 8th edition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Santa Cruz Biotechnology, Inc. 2019. *Safety Data Sheet: Barium Carbonate* <https://datasheets.scbt.com/sc-202969.pdf> . Diakses Pada Tanggal 22 Februari 2022.
- Sciencelab.com, Inc., 2013. *Material safety data sheet: Barium Sulfide MSDS*. Texas: Sciencelab.com, Inc.
- Smith, J.M., 1981, *Chemical Engineering Kinetics*, 3rd Ed., Mc.Graw-Hill Book CO-Kogakusha Ltd., Tokyo.

- Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th Ed., Mc. Graw-Hill Inc., Singapore.
- Sularso dan Tahara. 1983. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Ullman. 2011. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*., John Wiley and Sons., Inc., New York.
- UN Comtrade Database. 2022. <https://comtrade.un.org/> . Diakses Pada Tanggal 15 Februari 2022 Pukul 19.32 WIB.
- Yaws, Carl. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill. New York.

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR-01

PERHITUNGAN REAKTOR-01

Fungsi :	Mereaksikan larutan Barium Sulfida (BaS) dengan karbon dioksida (CO ₂) agar membentuk Barium Karbonat (BaCO ₃) sebagai produk utama dan Hidrogen Sulfida (H ₂ S) sebagai hasil samping.
Jenis :	Reaktor Gelembung (<i>Bubble Column Reactor</i>)
Kondisi operasi :	T = 30°C P = 1 atm
Reaksi :	$\text{BaS(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} + \text{CO}_2\text{(g)} \rightarrow \text{BaCO}_3\text{(s)} + \text{H}_2\text{S(g)}$
Fase :	Cair - Gas

Alasan Pemilihan Reaktor

- 1) Reaktor gelembung cocok untuk reaksi gas-cair, dengan jumlah gas yang relatif sedikit direaksikan dengan cairan yang jumlahnya besar
- 2) Relatif lebih murah, perawatan dan pengoperasiannya lebih mudah
- 3) Di dalam reaktor gelembung, aliran gas dianggap plug flow, tetapi cairan teraduk sempurna oleh aliran gelembung gas yang naik ke atas, sehingga suhu cairan didalam reaktor selalu serba sama (mixed flow).

(Perry's, 23 – 49, 1999)

1. Menghitung Densitas, Viskositas, dan Tegangan Permukaan

a. Densitas Fase Cair

$$\rho = A \times B^{-\left(1-\frac{T}{T_c}\right)^n}$$

Komponen	BM	xi	A	B	n	Tc	ρ (kg/m ³)	ρ_c
BaS	169,39	0,45					4250	1902,8509
H2O	18,02	0,55	0,3471	0,274	0,2857	647,13	1023,0120	564,9836
Total		1						2467,8345

$$\rho_c = 2467,8345 \text{ kg/m}^3$$

$$= 154.0620 \text{ lb/ft}^3$$

b. Viskositas Fase Cair

$$\log \mu = A + \frac{B}{T} + CT + DT^2$$

Komponen	BM	A	B	C	D	$\log \mu$	μ (cP)	μ_c (cP)
BaS	169,39	-						
H2O	18,02	-10,2158	1792,5	0,01773	-1,26E-05	-0,0874	0,8177	0,4516
Total								0,4516

$$\mu_c = 0,4516 \text{ cP}$$

$$= 0,0004515895 \text{ kg/m s}$$

$$= 0,0045158952 \text{ g/cm s}$$

c. Tegangan Permukaan

$$\sigma = A \left(1 - \frac{T}{T_c} \right)^n$$

Komponen	BM	xi	A	n	Tc	σ	σ_c
BaS	169,39	0,4477	-	-	-	-	-
H ₂ O	18,02	0,5523	132,6740	0,9550	647,1300	72,5870	40,0877

$$\begin{aligned}\sigma_c &= 40,0877 \text{ dynes/cm} \\ &= 0,0400876575 \text{ N/m}\end{aligned}$$

d. Densitas Fase Gas

$$\rho_g = \frac{BM_c \times P}{Z \times R \times T} \quad (\text{Perry, Hal. 3-267})$$

Keterangan :

$$P = 1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$$

$$R = 83,14472 \text{ bar.cm}^3/\text{mol.K}$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303\text{K}$$

$$BM_c = 44,01 \text{ g/mol}$$

$$T_c = 87,89^\circ\text{F} = 304,2 \text{ K}$$

$$P_c = 1,070,6 \text{ psia} = 73,8153 \text{ bar}$$

$$\text{Untuk mencari } Z : \quad T_r = \frac{T}{T_c} = 0,9961$$

$$P_r = \frac{P}{P_c} = 0,0137$$

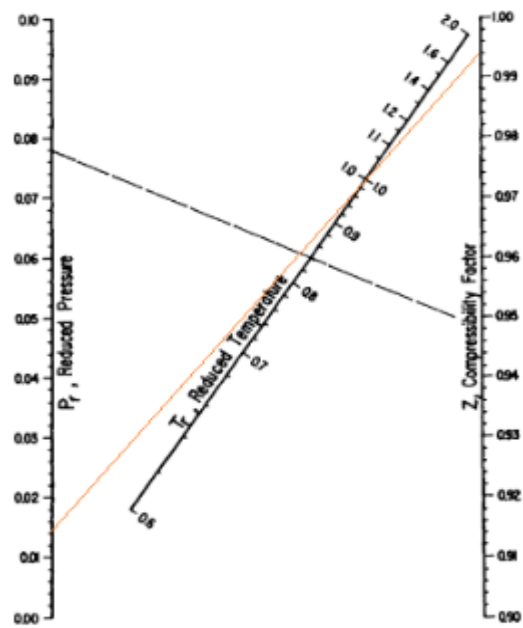


Figure 9. Generalized compressibility factor. (Reproduced by permission Petroleum Refiner, Vol. 37, No. 11, copyright 1961, Gulf Publishing Co., Houston.)

Dari grafik *compressibility factor* diperoleh nilai $Z = 0,994$

Maka, densitas gas CO_2

$$\rho_g = 0,0018 \text{ g/cm}^3 = 1,7808 \text{ kg/m}^3$$

e. Viskositas Fase Gas

$$\mu = A + BT + CT^2$$

Komponen	BM	A	C	μ_{gas} (cP)
CO_2	44,01	11,3360	0,4992	0,0153

2. Penentuan Parameter Konversi

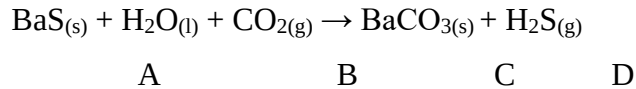
a. Mencari Persamaan Laju Reaksi

Diketahui :

$$X_A = 50\% = 0,5$$

$$T = 1 \text{ jam} = 60 \text{ menit}$$

Reaksi ;



$$C_x = \frac{N_x}{N_T} \times \frac{P}{R \times T} \quad (\text{Fogler, 1999})$$

Keterangan :

C_x = Komposisi reaktan

N_x = Mol reaktan

$$N_{AO} = 6,3982 \text{ kmol}$$

$$N_{BO} = 3,1991 \text{ kmol}$$

N_T = Mol total = 83.7845 kmol

P = Tekanan operasi = 1 atm

T = Temperatur operasi = 303 K

Sehingga konsentrasi BaS (C_{AO}) dan CO₂ (C_{BO}) :

$$C_{AO} = 0,00307 \text{ kmol/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan nilai } C_A &= C_{AO} (1 - X) \\ &= 0,00154 \text{ kmol/m}^3 \end{aligned}$$

$$C_{BO} = C_B = 0,00154 \text{ kmol/m}^3$$

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde 2, dimana persamaan laju reaksinya adalah :

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Dengan persamaan k :

$$k = \frac{-\ln(1 - X_A)}{C_{B0} \cdot t}$$

$$k = 4.51\text{E}+02 \text{ m}^3/\text{kmol.jam} = 1.25\text{E}-01 \text{ m}^3/\text{kmol.s}$$

Sehingga laju reaksi adalah :

$$-r_A = 1.06\text{E}-03 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

b. Diffusivitas Gas CO₂ dalam Larutan (D_{BL})

$$\frac{DBL \times \mu L}{T} = 7,4 \times 10^{-8} \times \frac{(\phi \times BM)^{0,5}}{Vm^{0,6}} \quad (\text{Pers. 3-139 Perry, 1984})$$

Dimana :

Ø = Association Parameter = 2,26

BM = Berat Molekul Pelarut = 85.7928 g/mol

T = Temperatur = 303 K

μL = Viskositas Pelarut = cp = 0.0004515895 kg/m.s

Vm = Volume Molar Solute = 0,034 m³/kmol

Sehingga :

Komponen	BM	xi
BaS	169,39	0,45
H ₂ O	18,02	0,55

$$\begin{aligned}
 BM \text{ campuran} &= (BM \text{ BaS} \times xi) + (BM \text{ H}_2\text{O} \times xi) \\
 &= (169,39 \text{ g/mol} \times 0,45) + (18,02 \text{ g/mol} \times 0,55) \\
 &= 85,7928 \text{ g/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DBL &= \frac{7,4 \times 10^{-8} \times (2,26 \times 85,7928)^{0,5} \times 303}{0.0004515895 \times 0,034^{0,6}} \\
 &= 5,2580 \text{ m}^2/\text{s} \\
 &= 18928,8996 \text{ m}^2/\text{jam}
 \end{aligned}$$

c. Koefisien Transfer Massa CO₂ di Fase Cair (K_{BL})

$$K_{BL} = 0,42 \sqrt[3]{\frac{\mu_L \times g}{\rho_L}} \sqrt{\frac{\rho_L \times D_{BL}}{\mu_L}}$$

Dimana :

- K_{BL} = Koefisien Transfer Massa Fase Cair (m/s)
μ_L = Viskositas Cairan = 0,0004515895 kg/m.s
g = Gravitasi = 980 cm/s = 9,8 m/s
ρ_L = Massa Jenis/ *Densitas of Liquid* = 2467,8345 kg/m³
D_{BL} = Difusivitas Gas = 5,2580 m²/s

Sehingga didapatkan nilai koefisien transfer massa fase cair yaitu :

$$K_{BL} = 27,3526 \text{ m/s} = 98469,2461 \text{ m/jam}$$

d. Menentukan Bilangan Hatta (HA)

$$HA^2 = \frac{k \times C_{A0} \times D_{BL}}{(K_{BL})^2}$$

Dimana :

- HA = Bilangan Hatta (Rasio laju difusi dan laju reaksi)
k = Konstanta Laju Reaksi = 451,35 m³/kmol.jam
C_{A0} = Konsentrasi BaS mula-mula = 0,00307 kmol/m³
D_{BL} = Difusivitas Gas = 18928,8996 m²/jam
K_{BL} = Koefisien Transfer Massa Fase Cair = 98469,2461 m/jam

Sehingga didapatkan nilai bilangan hatta yaitu sebesar :

$$HA = 0,001645091$$

Nilai MH < 0,02 sehingga reaksi kimia lebih mengontrol dibandingkan dengan transfer massa

Berlaku ketentuan jika (Levenspiel, hal 534):

HA > 2 : Difusi gas adalah factor yang berpengaruh.

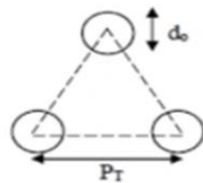
0,02 < HA < 2 : Difusi gas dan kecepatan reaksi adalah reaksi yang berpengaruh.

HA < 0,02 : Reaksi kimia adalah factor yang berpengaruh.

3. Perancangan Perforated Plate

Digunakan perforated plate dengan susunan *triangular pitch* dengan pertimbangan :

- Jumlah lubang tiap satuan lebih besar daripada susunan *square pitch*
- Ukuran reaktor menjadi lebih kecil dan turbulensi lebih terjamin



Keterangan :

P_r = Pitch

D_o = Diameter Orifice

a. Mencari Laju Alir Gas Masuk Reaktor (F_{vg})

$$F_{vg} = m_g \times \frac{1}{\rho_g} \times \frac{1}{3600}$$

$$F_{vg} = 140,7930 \text{ kg/jam} \times \frac{1}{1,7808 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}}$$

$$F_{vg} = 0,0220 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Mencari Diameter Gelembung (D_b)

$$D_b = \left[\frac{6 \times D_o \times \sigma}{g(\rho_l - \rho_g)} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Perry, Hal. 18-68})$$

Dimana :

D_b = Diameter gelembung

D_o = Diameter orifice

Range D_o : $0,004 \text{ cm} < D_o < 0,95 \text{ cm}$ (Perry ed.5 Pers.18-68)

σ_l = Tegangan muka cairan

ρ_l = Densitas cairan

ρ_g = Densitas gas

g = Percepatan gravitasi

Diambil $D_o = 0,31 \text{ cm}$ maka, nilai D_b yaitu:

$$D_b = 0,3136 \text{ cm}$$

Cek Stabilitas Gelembung

Untuk keadaan gelembung yang stabil berlaku syarat :

$$D_b < 0,078 \left[\frac{\sigma}{\rho_l - \rho_g} \right]^{0,5} \quad (\text{Perry, Hal. 18-68})$$

$$0,3136 < 0,3145$$

c. Mencari Laju Alir Tiap Orifice (Q_{go})

$$Q_{go} = \left(\frac{D_b^3 \times \pi \times g^{\frac{3}{5}}}{6 \times 1,378} \right)^{\frac{5}{6}} \quad (\text{Perry's, 1999: 14-71})$$

$$Q_{go} = 0,7700 \text{ cm}^3/\text{s}$$

d. Mencari Luas Orifice (L_o), Jumlah Orifice (N_o), dan Jumlah Luas Orifice (L_{to})

- $L_o = \frac{\pi}{4} D_o^2$
 $L_o = 0,0755 \text{ cm}^2$

- $N_o = \frac{F_{vg}}{Q_{go}}$
 $N_o = 2.8522,717$

- $L_{to} = L_o \times N_o$
 $L_{to} = 2.152,8024 \text{ cm}^2$

e. Mencari Volume tiap Gelembung (V_{go})

$$V_{go} = \frac{\pi}{6} D_b^3$$

$$V_{go} = 0,0162 \text{ cm}^3$$

f. Jumlah Gelembung tiap Orifice per satuan Waktu (N_{go})

$$N_{go} = \frac{Q_{go}}{V_{go}}$$

$$N_{go} = 47,6639 \text{ gel/s}$$

$$= 48 \text{ gel/s}$$

g. Mencari Nilai Pitch

$$c = k \times Db$$

dimana nilai $k > 1$, maka diambil $= 2$

$$c = 2 \times 0,3136 \text{ cm}$$

$$c = 0,6273 \text{ cm}$$

h. Mencari Luas Perforated Plate

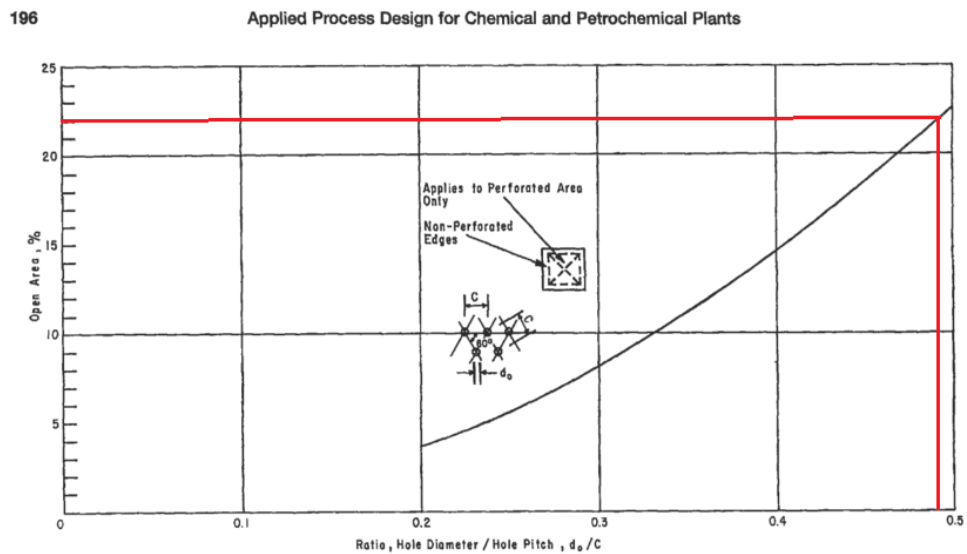
Mencari persentase luas total orifice terhadap perforated plate :

$$D_{pc} = \frac{D_o}{c}$$

$$D_{pc} = \frac{0,31 \text{ cm}}{0,6273 \text{ cm}}$$

$$D_{pc} = 0,4942 \text{ cm}$$

Diplotkan pada grafik, untuk memperoleh nilai a (Figure 8-143)



Diperoleh nilai $a = 22\% = 0,22$

i. Mencari Luas Perforated Plate (L_p)

$$L_p = \frac{L_{to}}{a}$$

$$L_p = \frac{2.152,8024 \text{ cm}^2}{0,22}$$

$$L_p = 9785,4653 \text{ cm}^2$$

$$L_p = 0,9785 \text{ m}^2$$

4. Menentukan Diameter dan Tinggi Cairan

a. Menentukan Diameter Reaktor (D)

$$D = \left(\frac{4 \times L_p}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1,1162 \text{ m}$$

$$= 43,9453 \text{ in}$$

b. Menentukan Luas Penampang Reaktor (A)

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = 0,9781 \text{ m}^2$$

c. Menentukan Tinggi Tabung Reaktor (H)

$$\text{Dipilih } D/H = 1:2$$

Sehingga, tinggi tabung reaktor yaitu:

$$H = 2 \times D$$

$$H = 2,2324 \text{ m}$$

d. Menentukan Volume Reaktor (V)

$$V = \frac{\pi}{4} \times H \times D^2$$

$$V = 2,1845 \text{ m}^3$$

e. Kecepatan Terminal Gelembung (V_t)

$$V_t = \sqrt{\frac{2\sigma}{D_b \times \rho_l}} + \sqrt{\frac{g \times D_b}{2}}$$

$$V_t = 22,5745 \text{ cm/s}$$

$$= 0,2257 \text{ m/s}$$

f. Kecepatan Tinggal Gelembung dalam Reaktor (θ_g)

$$\theta_g = \frac{H}{V_t}$$

$$\theta_g = 9,8891 \text{ s}$$

g. Jumlah Gelembung Total di dalam Reaktor (N_{gt})

$$N_{gt} = N_o \times Q_{go} \times \theta_g$$

$$N_{gt} = 217.185,5883 \text{ buah}$$

h. Menentukan Volume Cairan (V_c)

$$V_c = \frac{F_v (C_{Ao} - C_A)}{k \times C_{Ao}^2 (1 - X)(M - X)}$$

$$V_c = 0,4738 \text{ m}^3$$

i. Menentukan Kecepatan Superficial (V_{gs})

$$V_{gs} = \frac{F_{vg}}{A}$$

$$V_{gs} = 0,0225 \text{ m/s}$$

j. Menentukan Hold Up Gas (H_g)

$$H_g = \frac{V_{gs}}{(V_{gs} - V_t)}$$

$$H_g = 0,0905$$

k. Volume Total (cairan + gas)

$$\begin{aligned} \text{Volume total (cairan + gas)} &= \frac{V_c}{(1 - H_g)} \\ &= 0,5210 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

l. Menentukan Tinggi Cairan (H_c)

$$\begin{aligned} H_c &= \frac{V}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ H_c &= 0,5324 \text{ m} \\ &= 1,7467 \text{ ft} \end{aligned}$$

m. Luas Permukaan Interface

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{6 \times H_g}{D_b} \\ A_g &= 1,7307 \text{ cm}^{-1} \\ &= 173,0733 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

5. Dimensi Reaktor

a. Tipe Reaktor

Jenis reaktor : tangki tertutup, silinder tegak
Alasan pemilihan : Proses Vessel, menjaga tekanan dan suhu tetap
Jenis head : *Flanged & Standard Dished Head*
Alasan pemilihan : Pada umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah, dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil.

b. Kondisi Operasi

Suhu operasi = $30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
Tekanan operasi = $1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$
Tekanan total, diketahui :
 ρ cairan = $154,0619 \text{ lb/ft}^3$

$h \text{ cairan} = 1,1514 \text{ ft}$

$P \text{ operasi} = 1,0133 \text{ bar}$

Sehingga :

$P \text{ total} = P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}$

$$= 1,0133 \text{ bar} + \frac{\rho(h-1)}{144}$$

$$= 1,0683 \text{ bar}$$

Overdesign = 5%, Tekanan desain 5-10% di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1999),

$P \text{ design} = 1,05 \times P \text{ total}$

$$= 1,12174 \text{ bar}$$

$$= 16,2695 \text{ psi}$$

c. Menentukan Tebal Shell

$$ts = \frac{pr}{(fE-0,6P)} + C \quad \text{(Pers. 13.1 Brownell and Young, 1959)}$$

Material reaktor yang digunakan : Low Alloy Steel SA-202 grade A

Dimana :

ts = Tebal shell (in)

P = Tekanan design = 16,2695 psi

f = Allowable stress = 18.750 psi

(Tabel 13.1 Brownell and Young, Hal.251)

E = Joint efficiency single-welded butt joint = 0,85

(Tabel 13.2 Brownell and Young, Hal.254)

C = Corrosion allowable = 0,125 in

r = Jari-jari reaktor = 21,9726 in

Sehingga diperoleh nilai ts adalah :

$$ts = 0,1474 \text{ in}$$

Diambil ts standar = 3/16 in

d. Dimensi Head

- $ID = 43,9453 \text{ in}$

$$r_{ID} = 21,9726 \text{ in}$$

- $OD = (2 \times r) + (2 \times ts)$

$$OD = 44,3203 \text{ in}$$

$$= 48 \text{ in} \quad (\text{Tabel 5.7 Brownell hal.90})$$

$$icr = 3 \text{ in}$$

$$r = 48 \text{ in}$$

- Tebal head (th)

$$th = \frac{0,885 \times p \times r}{2fE - 0,2P} + C$$

$$th = 0,1349 \text{ in}$$

$$= 3/16 \text{ in}$$

$$sf = 2 \text{ in} \quad (\text{Tabel 5.8 Brownell hal.88})$$

- Tinggi Head

$$AB = \frac{ID}{2} - (icr)$$

$$= 18,7226 \text{ in}$$

$$BC = r - (icr)$$

$$= 50,75 \text{ in}$$

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

$$= 6,8298 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Head (OA)} = sf + b + th$$

$$= 9,0173 \text{ in}$$

$$= 0,2290 \text{ m}$$

- Volume Head

$$\begin{aligned} V_h &= 0,0847 \times ID^3 \\ &= 7188,1919 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

e. Tinggi Reaktor Total

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor} &= \text{Tinggi shell} + 2 \times \text{tinggi head} \\ &= 2,6905 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Menentukan Jaket atau Coil Pendingin

a. Kebutuhan air pendingin

Kondisi operasi eksotermis dengan ΔH_R	= -49,2693 kJ/jam
T fluida panas masuk (T1)	= 30 °C = 303,15 K = 86 °F
T fluida panas keluar (T2)	= 30 °C = 303,15 K = 86 °F
T media pendingin masuk (t1)	= 20 °C = 293,15 K = 68 °F
T media pendingin keluar (t2)	= 25 °C = 298,15 K = 77 °F

$$\begin{aligned} Q (\text{Pendingin}) &= 823,1379 \text{ kJ/jam} \\ &= 780.1841 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

$$\Delta H = 20,8875 \text{ kJ/kg}$$

Maka kebutuhan air pendingin :

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q}{\Delta H} \\ &= 39,4082 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Kecepatan Volumetrik Air

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{m}{\rho_{air}} \\ &= 39,4082 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= 0,0109 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Luas Perpindahan Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$= 12,9843 \text{ }^\circ\text{F}$$

Luas perpindahan panas dicari menggunakan persamaan:

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}}$$

Dari Kern table 8 page 840 diperoleh

Viskositas < 0,5 cp maka:

Dipilih UD untuk light organic dengan nilai range 75-150 Btu/ft².F.jam

diambil nilai UD = 100 Btu/ft².°F.jam

Maka, nilai luas perpindahan panas yaitu:

$$A = 0,6009 \text{ ft}^2$$

$$= 0,0558 \text{ m}^2$$

d. Luas Selubung Reaktor

Diketahui:

- Bila luas area reaktor $\geq A$ transfer panas maka dipilih jaket pemanas atau pendingin
- Bila luas area reaktor $\leq A$ transfer panas maka dipilih koil pemanas atau pendingin

$$\text{OD} = 48 \text{ in}$$

$$= 3,9984 \text{ ft}$$

$$\text{Hs} = 87,8898 \text{ in}$$

$$= 7,3212 \text{ ft}$$

Sehingga luas selubung reaktor:

$$\begin{aligned} A &= OD \times Hs + \left(\frac{\pi}{4} \times OD^2\right) \\ &= 104,4677 \text{ ft}^2 \\ &= 9,7054 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Karena luas transfer panas < luas selubung reaktor maka dipilih jaket

7. Perancangan Jaket Pendingin

a. Menghitung Ukuran Jaket Pendingin

Jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jaket (jw)

diambil = 1 in

ID = diameter dalam jaket = OD tangki + 2.jw

ID = 48 in

H = 100 in

b. Menghitung Tebal Dinding Jaket

P desain = 16,2695 psi

Bahan yang dipilih = *Stainless Steel* SA167 Grade 11 type 316

Allowable stress (f) = 18750 psia

Sambungan yang dipilih = double welded butt joint

Effisiensi sambungan (E) = 0,85

Corrosion allowance (c) = 0,125

Jari-jari jaket (r) = 25 in

Maka, tebal shell

$$\begin{aligned} ts &= \frac{pr}{(fE - 0,6P)} + C \\ &= 0,1505 \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in (standar)} \end{aligned}$$

$$= 0,0047625 \text{ m}$$

c. Menghitung Tebal Head

$$\begin{aligned} OD &= (2 \times r) + (2 \times ts) \\ &= 50,375 \text{ in} \\ &= 54 \text{ in (Standar)} \end{aligned}$$

sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} icr &= 3,25 \text{ in} \\ rc &= 54 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka, tebal head:

$$\begin{aligned} th &= \frac{0,885 \times p \times r}{2fE - 0,2P} + C \\ &= 0,1363 \text{ in} \\ &= 0,1875 \text{ in (Standar)} \end{aligned}$$

berdasarkan tabel 5.8 brownell dipilih sf standar:

$$sf = 2 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID}{2} - (icr) \\ &= 21,750 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - (icr) \\ &= 50,750 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\ &= 8,1470 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Head (OA)} &= sf + b + th \\ &= 10,3345 \text{ in} \end{aligned}$$

$$= 0,2625 \text{ m}$$

d. Menentukan Luas Transfer Panas Jaket

$$A = OD \times H + \left(\frac{\pi}{4} \times OD^2 \right)$$

$$A = 54 \times 87,8898 + \left(\frac{3,14}{4} \times 54^2 \right)$$

$$A = 7689,06 \text{ in}^2$$

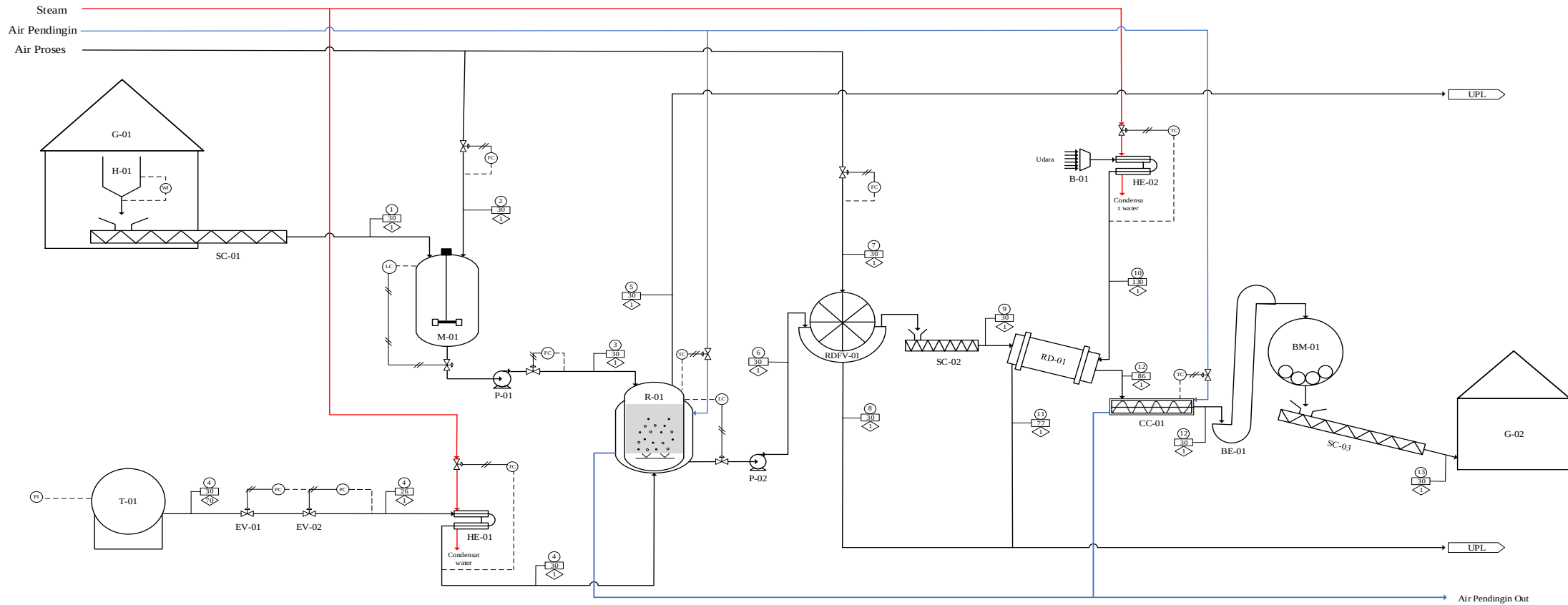
$$A = 4,9607 \text{ m}^2$$

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM

PRA-RANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BaCO ₃	0	0	0	0	0	631,31	0	12,03	619,28	0	0	619,28	619,28
BaS	1083,8	0	1083,8	0	0	541,9	0	541,39	0,51	0	0	0,51	0,51
CO ₂	0	0	0	140,79	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	12463,65	12463,65	1,18	1,18	12406	1357,92	13752,2	11,73	0	11,61	0,12	0,12
H ₂ S	0	0	0	0	109,03	0	0	0	0	0	0	0	0
C	10,95	0	10,95	0	0	10,95	0	0,21	10,74	0	0	10,74	10,74
Udara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	273,75	273,75	0	0
Total	1094,75	12463,65	13558,4	141,97	110,21	13590,16	1357,92	14305,83	642,26	273,75	285,36	630,65	630,65

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
○	Nomor Arus	T	Spherical Tank
□	Temperatur, °C	SC	Screw Conveyor
◇	Tekanan, atm	M	Mixer
⋈	Control Valve	R	Reaktor
---	Pneumatic	P	Pompa
----	Electrical	EV	Expansion Valve
FC	Flow Control	RDFV	Rotary Drum Vacuum Filter
LC	Level Control	RD	Rotary Dryer
PC	Pressure Control	HE	Heater
TC	Temperature Control	CC	Cooling Conveyor
WI	Weight Indicator	B	Blower
PI	Pressure Indicator	BE	Bucket Elevator
G	Penyimpanan/Gudang	BM	Ball Mill
H	Hopper	UPL	Unit Pengolahan Limbah

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
	PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM PRA-RANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN
Disusun Oleh :	
1. Rahmi Indah Safitri (18521114) 2. Meyfika Pangestika (18521144)	
Dosen Pembimbing :	
1. Ir. Suharno Rusdi Ph.D. 2. Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.	

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Rahmi Indah Safitri

No. MHS : 18521114

2. Nama Mahasiswa : Meyfika Pangestika

No. MHS : 18521144

Judul Perancangan : PRARANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM
SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 3 Desember 2022

Batas Akhir Bimbingan : 1 Juni 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	17/02/2022	Brainstorming mengenai judul	
2.	17/02/2022	Bimbingan mengenai menentukan kapasitas pabrik	
3.	20/01/2023	Bimbingan alat transportasi	
4.	8/02/2023	Bimbingan alat transportasi	
5.	16/02/2023	Bimbingan analisa ekonomi 1	
6.	20/02/2023	Bimbingan analisa ekonomi 2	
7.	5/04/2023	Bimbingan Naskah 1	
8.	29/04/2023	Bimbingan Naskah 2	

Dosen Pembimbing I



Ir. Suharno Rusdi Ph.D.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Rahmi Indah Safitri

No. MHS : 18521114

2. Nama Mahasiswa : Meyfika Pangestika

No. MHS : 18521144

Judul Perancangan : PRARANCANGAN PABRIK BARIUM KARBONAT DARI BARIUM
SULFIDA DAN KARBON DIOKSIDA
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 3 Desember 2022

Batas Akhir Bimbingan : 1 Juni 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	17/02/2022	Bimbingan mengenai menentukan kapasitas pabrik	
2.	9/03/2022	Bimbingan revisi kapasitas pabrik	
3.	11/03/2022	Persetujuan luaran tahap 1	
4.	2/11/2022	Bimbingan luaran 2 - 5	
5.	16/11/2022	Revisi kinematika dan neraca massa	
6.	22 November 2022	Persetujuan luaran tahap 2 - 5	
7	29/11/2022	Bimbingan luaran 6-8	
8	28/03/2023	Bimbingan luaran 11-13	

9	31/03/2023	Bimbingan revisi PEFD	
10	14/04/2023	Bimbingan revisi dan analisa ekonomi	
11.	29/04/2023	Bimbingan naskah	

Dosen Pemimbing II



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