



TUGAS PRA DESAIN PABRIK –TK184803

***SODIUM BICARBONATE* (NaHCO_3) DARI WATER GLASS
DENGAN PROSES KARBONASI**

Oleh :

**Bunga Citra Diorana
NRP. 0221174600021**

**Rizky Ariqoh
NRP. 0221174600029**

**Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.
NIP. 19670203 199102 1 001**

**Dosen Pembimbing II
Dr. Widiyastuti, S.T., M.T.
NIP. 19750306 200212 2 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA
SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

Pra-Desain Pabrik

“Natrium Bicarbonate dari Waterglass dengan Proses Karbonasi”

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh :

Bunga Citra Diorana
Rizky Ariqoh

NRP. 0221174600021

NRP. 0221174600029

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Desain Pabrik Kimia :

1. Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.  (Pembimbing I)

2. Dr. Widiyastuti, S.T., M.T.  (Pembimbing II)

3. Ni Made Intan Putri Suari, S.T., M.T.  (Penguji I)

4. Fadlilatul Taufany, S.T., Ph.D.  (Penguji II)

5. Ir. Ignatius Gunardi, M.T.  (Penguji III)



ABSTRAK

Proses karbonasi dipilih karena bahan baku *water glass* murah dan dapat menghasilkan produk samping silika yang bernilai jual tinggi. Proses ini mereaksikan *Sodium silicate (water glass)* dengan gas CO_2 menjadi *Sodium Carbonate (soda ash)* dilanjutkan dengan mereaksikan kembali *Sodium Carbonate* dengan gas CO_2 agar menjadi *Sodium Bicarbonate*. Bahan baku utama dalam proses pembuatan yaitu *Sodium Silicate* yang memiliki komposisi SiO_2 sebesar 27,7% dan NaO sebesar 6,8% dengan modulus 3,3. Dari proses ini dapat menghasilkan NaHCO_3 dengan kemurnian >99%. Pabrik ini akan didirikan dan siap beroperasi pada tahun 2023, dengan pembelian peralatan pada tahun 2020 dan masa konstruksi selama 2 tahun (2021-2022). Lokasi pabrik direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Sentul, Bogor Jawa Barat. Kapasitas produksi *Sodium Bicarbonate* direncanakan sebesar 20.000 ton/tahun. Dalam pemenuhan kapasitas tahunan, pabrik akan beroperasi kontinyu 24 jam per hari selama 300 hari. Untuk memproduksi *Sodium Bicarbonate* sebesar 20.000 ton/tahun diperlukan bahan baku *Sodium Silicate* sebesar 18.158,75 ton/tahun, gas CO_2 sebesar 15.104,44 ton/tahun, dan CaCO_3 sebesar 0,9635 ton/tahun. Perhitungan Analisa ekonomi didasarkan pada *discounted cash flow*. Dari perhitungan analisa ekonomi, dengan harga jual *Sodium Bicarbonate* sebesar \$234,88 per ton dan harga jual silika sebesar \$782,91 per ton, diperoleh *Internal Rate Return (IRR)* sebesar 32% dengan suku bunga 12,5% dan waktu pengembalian modal (*pay out period*) 3,05 tahun. Modal untuk pendirian pabrik menggunakan rasio 40% modal sendiri dan 60% modal pinjaman. Modal total yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik adalah sebesar Rp. 79,222,804,713.

Sedangkan *Break Event Point* (BEP) yang diperoleh adalah sebesar 32,56%.

Kata Kunci :Sodium Bicarbonate, Silika, Sodium Carbonate, Karbonasi

ABSTRACT

The carbonation process was chosen because water glass is cheap and can produce high-value silica byproducts. This process reacts Sodium silicate (water glass) with CO₂ gas to become Sodium Carbonate (soda ash) followed by reacting Sodium Carbonate again with CO₂ gas to become Sodium Bicarbonate. The main raw materials in the manufacturing process are Sodium Silicate which has a SiO₂ composition of 27.7% and NaO of 6.8% with a modulus of 3.3. From this process can produce NaHCO₃ with purity > 99%. This plant will be established and ready to operate in 2023, with the purchase of equipment in 2020 and a construction period of 2 years (2021-2022). The location of the plant is planned to be erected in Sentul Industrial Estate, Bogor, West Java. Sodium Bicarbonate production capacity is planned at 20,000 tons / year. In meeting its annual capacity, the plant will operate continuously 24 hours per day for 300 days. To produce Sodium Bicarbonate at 20,000 tons / year, Sodium Silicate raw material is needed at 18,158.75 tons / year, CO₂ gas at 15,104.44 tons / year, and CaCO₃ at 0.9635 tons / year. Calculation Economic analysis is based on discounted cash flow. From the calculation of economic analysis, with Sodium Bicarbonate selling price of \$ 234.88 per ton and silica selling price of \$ 782.91 per ton, an Internal Rate of Return (IRR) of 32% is obtained with an interest rate of 12.5% and payback period (pay) out period) 3.05 years. Capital for the construction of factories uses a ratio of 40% own capital and 60% loan capital. The total capital needed to set up a factory is Rp. 79,222,804,713. While the Break Event Point (BEP) obtained is 32.56%.

Keyword : Sodium Bicarbonate, Silica, Sodium Carbonate, Carbonation

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan YME karena atas berkat Rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik ”*Sodium Bicarbonate (NaHCO₃) dari Water Glass dengan Proses Karbonasi*” yang merupakan salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Keberhasilan penulisan Tugas Pra Desain Pabrik ini tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Pra Desain Pabrik atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
2. Ibu Dr. Widiyastuti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan selaku Kepala Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
4. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Elektrokimia dan Korosi yang telah memberikan segala *support*, bantuan dan kerjasamanya.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Pra Desain Pabrik ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya, kami memohon maaf atas segala kekurangan yang terjadi selama proses penyusunan tugas ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi Penulis dan Pembaca.

Surabaya, 28 Januari 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASA	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I LATAR BELAKANG	I-1
I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	I-1
I.2 Sejarah Produksi <i>Sodium Bicarbonate</i>	I-3
I.3 Penggunaan Produk.....	I-4
I.4 Produksi Bahan Baku.....	I-4
I.5 Aspek Pemasaran.....	I-7
BAB II DESAIN BASIS DATA	II-1
II.1 Kapasitas Pabrik	II-1
II.2 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	II-9
II.3 Kondisi Alam Lokasi Pabrik.....	II-14
II.4 Spesifikasi Bahan Baku & Produk.....	II-14
II.4.1 Bahan Baku Utama.....	II-14
II.4.2 Bahan Penunjang.....	II-16
II.4.3 Produk Intermediet.....	II-22
II.4.3 Harga Bahan Baku.....	II-25
II.4.3 Target Produk Utama.....	II-26
II.5 Basis Perhitungan.....	II-31
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES	III-1
III.1 Macam-macam Proses.....	III-1
III.2 Seleksi dan Uraian Proses.....	III-1
III.2.1 Proses Ammonia-Soda (Solvay).....	III-3
III.2.2 Proses Le-Blanc.....	III-5
III.2.3 Proses Karbonasi	III-5
III.3 Kondisi Bahan Baku & Produk.....	III-8
III.3.1 Kondisi Bahan Baku.....	III-8

III.3.2 Kondisi Bahan Pembantu.....	III-9
III.3.3 Kondisi Produk Intermediet.....	III-9
III.3.4 Kondisi Produk Utama.....	III-9
III.4 Uraian Proses.....	III-10
III.4.1 Konsep Proses.....	III-10
III.4.1.1 Dasar Proses.....	III-10
III.4.2.1 Kondisi Proses.....	III-10
III.4.3.1 Tinjauan Termodinamika.....	III-13
III.4.2 Tahapan Proses.....	III-15
BAB IV NERACA MASSA & ENERGI.....	IV-1
BAB V DAFTAR & HARGA PERALATAN.....	V-1
BAB VI ANALISA EKONOMI.....	VI-1
VI.1. Bentuk dan Organisasi Perusahaan.....	VI-1
VI.1.1. Bentuk Badan Perusahaan.....	VI-1
VI.1.2. Sistem Organisasi Perusahaan.....	VI-1
VI.1.3. Struktur Organisasi.....	VI-3
VI.2. Pengelolaan Sumber Daya Manusia.....	VI-5
VI.2.1. Status Karyawan dan Sistem Upah.....	VI-5
VI.2.2. Jadwal Jam Kerja.....	VI-5
VI.2.3. Jaminan Sosial.....	VI-6
VI.2.4. Absensi Karyawan.....	VI-7
VI.2.5. Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja.....	VI-7
VI.2.6. Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja.....	VI-8
VI.2.7. Sistem Pengupahan.....	VI-8
VI.2.8. Sarana Penunjang & Fasilitas	VI-10
VI.3. Peralatan dan Utilitas Proses.....	VI-11
VI.3.1 Peralatan.....	VI-11
VI.3.2 Utilitas.....	VI-12
VI.4. Analisa Ekonomi.....	VI-14
VI.4.1. Asumsi Perhitungan.....	VI-14
VI.4.2. Analisa Keuangan.....	VI-15
BAB VII KESIMPULAN.....	VII-1
DAFTAR PUSTAKA.....	xv

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Jenis <i>Sodium Silicate</i>	I-5
Tabel I.2 Data Produksi <i>Sodium Silicate</i>	I-6
Tabel I.3 Harga Bahan Kimia.....	I-7
Tabel I.4 % Penggunaan <i>Sodium bicarbonate</i> Di dunia.....	I-8
Tabel II.1 Data Konsumsi NaHCO_3 pada beberapa pabrik di Indonesia (2008-2012).....	II-2
Tabel II.2 Data Konsumsi NaHCO_3 pada beberapa pabrik di Indonesia (2013-2019).....	II-2
Tabel II.3 Jumlah Konsumsi NaHCO_3 di Indonesia pada tahun 2023.....	II-4
Tabel II.4 Perkembangan Produksi NaHCO_3 di Indonesia.....	II-4
Tabel II.5 Perkembangan Impor NaHCO_3 di Indonesia.....	II-5
Tabel II.6 Jumlah Impor NaHCO_3 di beberapa Negara.....	II-6
Tabel II.7 Perkembangan Impor NaHCO_3 di Thailand.....	II-7
Tabel II.8 Perkembangan Ekspor NaHCO_3 di Indonesia.....	II-8
Tabel II.9 Baku Mutu Penggunaan Natrium Silikat.....	II-14
Tabel II.10 Komposisi Sodium Silicate PT Aji Dharmamas Tri Tunggal.....	II-15
Tabel II.11 Baku Mutu Air Proses.....	II-16
Tabel II.12 Baku Mutu Gas CO_2	II-19
Tabel II.13 Baku Mutu Penggunaan Calcium Carbonate.....	II-20
Tabel II.14 Baku Mutu Penggunaan Sodium Carbonate.....	II-22
Tabel II.15 Baku Mutu Penggunaan Silica Dioxide.....	II-24
Tabel II.16 Baku Mutu Penggunaan Sodium Bicarbonate.....	II-26
Tabel II.17 Baku Mutu Food Grade for Sodium Bicarbonate.....	II-27
Tabel II.18 Baku Mutu Pharmaceutical Grade for Sodium Bicarbonate.....	II-28
Tabel III.1 Parameter Seleksi Proses Sodium Bicarbonate	III-1
Tabel III.2 Gross Profit Proses Ammonia-Soda.....	III-2
Tabel III.3 Gross Profit Proses Le-Blanc.....	III-2
Tabel III.4 Gross Profit Karbonasi.....	III-3

Tabel III.5 Analisa Sieve Terhadap Ukuran Kristal & Bulk Density NaHCO ₃	III-11
Tabel IV.1 Komposisi Water Glass	IV-2
Tabel IV.2 Komposisi Gas CO ₂	IV-2
Tabel IV.3 Neraca massa water glass mixing tank (M-111)..	IV-2
Tabel IV.4 Neraca massa water glass feed pump (L-112).....	IV-3
Tabel IV.5 Neraca massa water glass heater (E-113).....	IV-4
Tabel IV.6 Neraca massa CO ₂ feed storage tank (F-114).....	IV-5
Tabel IV.7 Neraca massa CO ₂ feed compressor (G-115).....	IV-5
Tabel IV.8 Neraca massa Globe Valve 3 way I (K-116).....	IV-6
Tabel IV.9 Neraca massa CO ₂ Heater (E-117).....	IV-7
Tabel IV.10 Neraca massa CSTR (R-110).....	IV-8
Tabel IV.11 Neraca massa Feed Pump (L-121).....	IV-8
Tabel IV.12 Neraca massa Disk Centrifuge (H-120).....	IV-9
Tabel IV.13 Neraca massa Liqour Pump (L-122).....	IV-10
Tabel IV.14 Neraca massa Silica Catridge Filter (H-124).....	IV-11
Tabel IV.15 Neraca massa Evaporator (V-125).....	IV-12
Tabel IV.16 Neraca massa Condensor (E-127).....	IV-12
Tabel IV.17 Neraca massa Screw Conveyor (J-123).....	IV-13
Tabel IV.18 Neraca massa Evaporator Pump (L-126).....	IV-14
Tabel IV.19 Neraca massa Sodium Carbonate Cooler (E-128).....	IV-15
Tabel IV.20 Neraca massa Mixer Feed Tank (M-211).....	IV-15
Tabel IV.21 Neraca massa Sodium Carbonate Pump (L-212).....	IV-16
Tabel IV.22 Neraca massa Globe valve 2 way II (K-213)....	IV-17
Tabel IV.23 Neraca massa CO ₂ Heater (E-214).....	IV-18
Tabel IV.24 Neraca massa CSTR Crystallizer (X-210).....	IV-19
Tabel IV.25 Neraca massa Crystall Pump (L-125).....	IV-19
Tabel IV.26 Neraca massa RVF (H-310).....	IV-20
Tabel IV.27 Neraca massa Globe valve 3 way III (K-311)....	IV-21
Tabel IV.28 Neraca massa Recycle Pump (L-312).....	IV-22
Tabel IV.29 Neraca massa Belt Conveyor 1 (J-313).....	IV-23
Tabel IV.30 Neraca massa Rotary Dryer (B-320).....	IV-24

Tabel IV.31 Neraca massa Blower (G-321).....	IV-24
Tabel IV.32 Neraca massa Cyclone (H-322).....	IV-25
Tabel IV.33 Neraca massa Belt Conveyor 2 (J-323).....	IV-26
Tabel IV.34 Neraca massa Classifier (X-324).....	IV-27
Tabel IV.35 Enthalpi bahan masuk Water Glass Mixing Tank (M-111)	IV-31
Tabel IV.36 Enthalpi bahan keluar Water Glass Mixing Tank (M-111).....	IV-31
Tabel IV.37 Enthalpi Bahan masuk Water Glass Heater (E-113).....	IV-32
Tabel IV.38 Enthalpi Bahan keluar Water Glass Heater (E-113).....	IV-32
Tabel IV.39 Neraca Energi Total Water Glass Heater (E-113).....	IV-32
Tabel IV.40 Enthalpi Bahan masuk CO ₂ Storage Tank (F-114).....	IV-33
Tabel IV.41 Enthalpi Bahan keluar CO ₂ Storage Tank (F-114).....	IV-33
Tabel IV.42 Enthalpi Bahan masuk CO ₂ Compressor (G-115).....	IV-33
Tabel IV.43 Enthalpi Bahan keluar CO ₂ Compressor (G-115).....	IV-34
Tabel IV.44 Neraca Energi Total CO ₂ Compressor (G-115).....	IV-34
Tabel IV.45 Enthalpi Bahan masuk Globe Valve 3 way I(K-116).....	IV-34
Tabel IV.46 Enthalpi Bahan keluar Globe Valve 3 way I(K-116).....	IV-35
Tabel IV.47 Enthalpi Bahan masuk CO ₂ Heater (E-117).....	IV-35
Tabel IV.48 Enthalpi Bahan keluar CO ₂ Heater (E-117).....	IV-35
Tabel IV.49 Neraca Energi Total CO ₂ Heater (E-117).....	IV-36
Tabel IV.50 Enthalpi Standar Reaktan Reaktor (R-110).....	IV-36
Tabel IV.51 Enthalpi Standar Produk Reaktor (R-110).....	IV-37

Tabel IV.52 Enthalpi pembentukan reaktan.....	IV-37
Tabel IV.53 Enthalpi pembentukan produk.....	IV-37
Tabel IV.54 Enthalpi Bahan masuk Reaktor (R-110).....	IV-37
Tabel IV.55 Enthalpi Bahan keluar Reaktor (R-110).....	IV-37
Tabel IV.56 Enthalpi Bahan masuk Disk Centrifuge (H-120).....	IV-38
Tabel IV.57 Enthalpi Bahan keluar Disk Centrifuge (H-120).....	IV-39
Tabel IV.58 Enthalpi Bahan masuk Silica Catridge Filter (H- 124).....	IV-40
Tabel IV.59 Enthalpi Bahan keluar Silica Catridge Filter (H- 124).....	IV-40
Tabel IV.60 Enthalpi Bahan masuk Evaporator (V-125).....	IV-41
Tabel IV.61 Enthalpi Bahan keluar Evaporator (V-125).....	IV-41
Tabel IV.62 Neraca Energi Total Evaporator (V-125).....	IV-42
Tabel IV.63 Enthalpi Bahan masuk Condensor (E-127).....	IV-42
Tabel IV.64 Enthalpi Bahan keluar Condensor (E-127).....	IV-43
Tabel IV.65 Neraca Energi Total Condensor (E-127).....	IV-43
Tabel IV.66 Enthalpi Bahan masuk Screw Conveyor (J- 123).....	IV-43
Tabel IV.67 Enthalpi Bahan keluar Screw Conveyor (J- 123).....	IV-44
Tabel IV.68 Enthalpi Bahan masuk Sodium Carbonate Cooler (E- 128).....	IV-45
Tabel IV.69 Enthalpi Bahan keluar Sodium Carbonate Cooler(E- 128).....	IV-45
Tabel IV.70 Neraca Energi Total Sodium Carbonate Cooler (E- 128).....	IV-45
Tabel IV.71 Enthalpi Bahan masuk Mixer Feed Tank (M-211)	IV-46
Tabel IV.72 Enthalpi Bahan keluar Mixer Feed Tank (M-211).....	IV-46
Tabel IV.73 Enthalpi Bahan masuk CO ₂ Heater (E-214).....	IV-47
Tabel IV.74 Enthalpi Bahan keluar CO ₂ Heater (E-214).....	IV-47

Tabel IV.75 Energi Total CO ₂ Heater (E-214).....	IV-47
Tabel IV.76 Enthalpi Bahan masuk Globe 3 way valve II (K-213).....	IV-48
Tabel IV.77 Enthalpi Bahan keluar Globe 3 way valve II (K- 213).....	IV-48
Tabel IV.78 Enthalpi Standar Reaktan CSTR Crystllizer (X- 210).....	IV-49
Tabel IV.79 Enthalpi Standar Produk CSTR Crystallizer (X- 210).....	IV-50
Tabel IV.80 Enthalpi Pembentukan Reaktan.....	IV-50
Tabel IV.81 Enthalpi Pembentukan Produk.....	IV-50
Tabel IV.82 Enthalpi Bahan masuk CSTR Crystallizer (X- 210).....	IV-50
Tabel IV.83 Enthalpi Bahan keluar CSTR Crystallizer (X- 210).....	IV-51
Tabel IV.84 Enthalpi Bahan masuk RVF (H- 310).....	IV-52
Tabel IV.85 Enthalpi Bahan keluar RVF (H-310).....	IV-52
Tabel IV.86 Neraca Energi Total RVF (H-310).....	IV-53
Tabel IV.87 Enthalpi Bahan masuk Globe Valve 3 ways III (K- 311).....	IV-53
Tabel IV.88 Enthalpi Bahan keluar Globe Valve 3 ways III (K- 311).....	IV-54
Tabel IV.89 Enthalpi Bahan masuk Rotary Dryer (B- 320).....	IV-55
Tabel IV.90 Enthalpi Bahan keluar Rotary Dryer (B- 320).....	IV-55
Tabel IV.91 Enthalpi Bahan masuk Blower (G- 321).....	IV-56
Tabel IV.92 Enthalpi Bahan keluar Blower (G- 321).....	IV-56
Tabel IV.93 Neraca Energi Total Blower (G- 321).....	IV-56

Tabel IV.94 Enthalpi Bahan masuk Cyclone (H-322).....	IV-57
Tabel IV.95 Enthalpi Bahan keluar Cyclone (H-322).....	IV-57
Tabel IV.96 Enthalpi Bahan masuk Belt Conveyor II(J-323).....	IV-59
Tabel IV.97 Enthalpi Bahan keluar Belt Conveyor II (J-323).....	IV-59
Tabel IV.98 Enthalpi Bahan masuk Classifier (X-324).....	IV-60
Tabel IV.99 Enthalpi Bahan keluar Classifier (X-324).....	IV-60
Tabel VI.1 Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik NaHCO ₃	VI-7
Tabel VI.2 Besar gaji yang diterima tiap jabatan.....	VI-8
Tabel VI.3 Peralatan yang Digunakan Pada Pabrik NaHCO ₃	VI-11
Tabel VI.4 Parameter Perhitungan Ekonomi.....	VI-14
Tabel VI.5 Ringkasan hasil perhitungan analisa ekonomi untuk pabrik NaHCO ₃	VI-14

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Bagan Proses Pembuatan Sodium Silicate (Water glass).....	I-6
Gambar I.2 Pasar <i>Sodium bicarbonate</i> Berdasarkan (AGVW).....	I-8
Gambar I.3 Pasar <i>Sodium bicarbonate</i> berdasarkan area.....	I-9
Gambar I.4 Jumlah Pasar <i>Sodium bicarbonate</i> berdasarkan Produk (AGVW).....	I-10
Gambar II.1 Grafik Data Konsumsi NaHCO_3 pada beberapa pabrik (2008-2019).....	II-3
Gambar II.2 Pembobotan Faktor Primer dengan Expert Choice.....	II-10
Gambar II.3 Pembobotan Faktor Sekunder dengan Expert Choice.....	II-10
Gambar II.4 Pembobotan lokasi pabrik dengan Expert Choice.....	II-11
Gambar II.5 Peta Lokasi Pendirian Pabrik NaHCO_3	II-13
Gambar II.6 Water Glass wujud padat & cair.....	II-16
Gambar II.7 Calcium Carbonate.....	II-21
Gambar II.8 Sodium Carbonate.....	II-23
Gambar II.9 Silica Dioxide.....	II-25
Gambar II.10 Sodium Bicarbonate.....	II-30
Gambar III.1 Flow Diagram Proses Solvay.....	III-4
Gambar III.2 Flow Diagram Proses Le-Blanc.....	III-6
Gambar III.3 Flow Diagram Proses Karbonasi.....	III-8
Gambar III.3 Flow Diagram Proses Karbonasi Water Glass.....	III-10
Gambar IV.1 Analogi Sistem yang digunakan untuk perhitungan neraca massa.....	IV-1
Gambar VI.1 Struktur Organisasi Garis & Staff.....	VI-2
Gambar VI.1 Besar Gaji yang di terima tiap Jabatan.....	VI-9

BAB I

LATAR BELAKANG

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia sebagai negara berkembang yang sedang giat – giatnya melaksanakan pembangunan khususnya dibidang industri. Sebagai contohnya, pertumbuhan Industri Kimia, Tekstil dan Aneka (IKTA) meningkat signifikan pada triwulan I tahun 2017. Peningkatan tersebut yaitu meningkat 5,16 %. Pertumbuhan tersebut didorong oleh sektor perindustrian bahan kimia dan barang dari bahan kimia sebesar 10,40 %. (Sigit, 2017)

Akan tetapi, saat ini Indonesia masih tergantung pada negara lain dalam memenuhi bahan baku, baik yang digunakan sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu. Sebagai contohnya, lebih dari 90% bahan baku farmasi masih didatangkan dari luar negeri, seperti Cina. Terkait bahan baku, masalah utamanya industri kimia dasar di Indonesia tidak berkembang, sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan bahan baku farmasi. Selain itu, skala ekonomis untuk membangun pabrik bahan baku farmasi di dalam negeri juga dinilai belum efisien, sehingga produsen masih memilih untuk impor ketimbang bangun pabrik. (Basyir, 2018)

Salah satu industri kimia tersebut adalah industri *Sodium bicarbonate* yang digunakan pada bermacam-macam industri, mulai dari industri makanan dan minuman hingga industri farmasi. *Sodium bicarbonate*, juga dikenal sebagai *baking soda*, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia NaHCO_3 . Sekarang ini kebutuhan *Sodium bicarbonate* didalam negeri semakin meningkat karena manfaatnya yang begitu beragam. Untuk saat ini, kebutuhan *Sodium bicarbonate* di Indonesia belum cukup terpenuhi dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari data impor yang lebih besar jumlahnya dibandingkan produksi dan ekspor. (Badan Pusat Statistik, 2019)

Ketergantungan impor telah menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga diperlukan suatu usaha penanggulangan. Salah satu upayanya adalah mendirikan pabrik *Sodium bicarbonate* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan pendirian pabrik tersebut 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.

Pabrik *Sodium bicarbonate* didirikan dengan tujuan untuk menghasilkan suatu produk yang berguna bagi masyarakat dan industri, antara lain untuk merangsang industri-industri lain yang menggunakan *Sodium bicarbonate* sebagai bahan baku dan bahan pembantu. Hal ini karena secara tidak langsung dapat menambah devisa negara, pemecahan masalah tenaga kerja, dan memperkuat perekonomian negara.

Dalam perkembangannya, proses pembuatan *Sodium bicarbonate* pun semakin beragam, salah satu proses inovasinya adalah proses karbonasi *Sodium sillicate (water glass)* direaksikan dengan gas CO₂ menjadi *Sodium carbonate (soda ash)* dilanjutkan dengan proses karbonasi *Sodium carbonate* agar menjadi *Sodium bicarbonate*. Proses tersebut dipilih karena bahan baku *water glass* murah dan dapat menghasilkan produk samping yang bernilai jual tinggi di pasaran yaitu butiran padat *Sillicon dioxide* dengan banyak kegunaan baik di sektor industri pangan dan industri farmasi. Selain dilihat dari harga bahan bakunya murah, *Sodium carbonate* yang 90% di impor dari Negara Cina sebagai bahan baku memang harganya murah yaitu \$0,20/kg namun untuk mengurangi devisa negara dan meningkatkan kemandirian sebagai Negara yang masih berkembang maka *Sodium bicarbonate* kami produksi dengan cara mereaksikan *Sodium sillicate (water glass)* dengan gas CO₂, karena sumber *Sodium sillicate* yang melimpah di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas, *Sodium bicarbonate (Baking soda)*, sangat berpotensi dikembangkan di Negara Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan menutupi impor *Sodium*

bicarbonate. Sampai saat ini, hanya beberapa saja pabrik *Sodium bicarbonate* (*Baking soda*) yang didirikan di Indonesia dalam memenuhi target pasar. Pendirian pabrik *Sodium bicarbonate* di Indonesia selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri juga akan diproyeksikan untuk ekspor. Didirikannya pabrik *Sodium bicarbonate* ini diharapkan mampu memberikan keuntungan sebagai berikut:

- Mengurangi ketergantungan impor.
- Membantu pemenuhan bahan baku bagi pabrik-pabrik di Indonesia yang menggunakan bahan baku *Sodium bicarbonate*.
- Membuka lapangan kerja baru bagi penduduk sekitar pabrik sehingga menurunkan angka pengangguran.

Berdasarkan pertimbangan di atas maka pendirian pabrik *Sodium bicarbonate* di Indonesia dipandang cukup strategis.

I.2. Sejarah Produksi Sodium Bicarbonate

Pada tahun 1861 Ernest Solvay memperkenalkan metode pembuatan natrium bikarbonat yang merupakan penyempurnaan dan pengembangan dari metode Nicolas Leblanc (1791). Pada awalnya, natrium bikarbonat bukanlah produk utama melainkan produk antara sebelum di dekomposisi secara thermal hingga menjadi natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat juga dapat diperoleh melalui pengolahan kembali natrium karbonat dengan menambah air (H_2O) dan gas CO_2 .

Awalnya natrium bikarbonat dibuat dari bahan-bahan alam, baik tumbuhan maupun mineral. Mineral di proses untuk menghasilkan soda ash adalah Trona. Mineral lain yang bisa di gunakan adalah Nahcolite, kedua mineral ini ditambang di Amerika Serikat, berupa deposit di bawah tanah.

Akhir abad ke-18, kebutuhan natrium bikarbonat semakin besar di Eropa hanya karena berkembangnya industri detergen dan kaca. Yang tidak bisa dipenuhi hanya bergantung ada bahan-bahan alami. Hal ini mendorong the French Academy of Science menawarkan penghargaan bagi penemu dalam pembuatan natrium bikarbonat.

Diawali oleh Nicolas Le blanc yang mengajukan proses pembuatan natrium bikarbonat dari garam dan memperoleh paten pada tahun 1791. Selanjutnya dinamakan proses Le-blanc atau 'black ash', yang digunakan pada periode 1825 sampai 1890. Dampak yang paling terasa dari proses ini adalah efek lingkungan dari emisi gas HCL dan limbah padat kalsium sulfide. Untuk mengatasi hal tersebut, pada tahun 1861 Ernest Solvay menyempurnakan proses Le blanc dengan basis material garam, ammonia & limestone. Proses solvay mampu mengurangi biaya operasi dan yang paling penting adalah mengurangi dampak lingkungan.

Karena keunggulan tersebut, proses Le blanc mulai di tinggalkan hingga akhirnya benar-benar hilang pada masa perang dunia I. Selanjutnya, diawali oleh eropa barat proses solvay berkembang digunakan di seluruh dunia untuk produksi natrium bikarbonat.

Namun dari segi dampak lingkungan dan ekonomi , proses solvay tidak dapat menutupi adanya dampak negatif karena hasil produk sampingnya berupa zat asam. Sehingga kami mencoba menginovasi proses natural yang biasanya diambil dari mineral trona namun saat ini diambil dalam water glass atau natrium silikat yang di reaksikan dengan air dan gas CO₂ untuk menghasilkan natrium karbonat & silika dioksida.

Reaksi ini sangat rendah pengaruhnya terhadap dampak lingkungan yang negatif . karena tidak adanya pembuangan produk dan produk samping berupa silika dioksida bernilai tinggi di pasaran. Maka dari itu kami mencoba mengkaji lebih lanjut proses karbonasi /natural dengan menggunakan bahan baku water glass untuk menghasilkan natrium bikarbonat yang lebih bagus baik secara kualitas ataupun kuantitas dengan mengurangi aspek ekonomi dan dampak negative terhadap lingkungan. Pertimbangan ini di ambil karena sumber silika yang sangat melimpah di Negara Indonesia.

I.3. Penggunaan Produk

Sodium bicarbonate merupakan bahan kimia yang berbentuk kristal serbuk putih yang banyak digunakan dalam berbagai bidang:

1. Industri Makanan

Di bidang industri makanan sebagai pengembang roti, biskuit & sebagai bahan campuran dalam beberapa pakan hewan ternak

2. Farmasi & Kesehatan

Di bidang farmasi, *Sodium bicarbonate* digunakan dalam komposisi obat-obatan dan bisa menjadi larutan dialisis. Sedangkan di bidang kesehatan dapat dipergunakan obat kumur alami, menghilangkan bau badan, sebagai antacid untuk mengurangi asam lambung, meredakan gatal akibat gigitan serangga, memutihkan gigi dan mampu mengangkat sel kulit mati.

3. Rumah Tangga

Di dalam sektor rumah tangga *Sodium bicarbonate* bisa berfungsi sebagai bahan penambah pemadam kebakaran, produk pencuci maupun pembersih perabot rumah tangga dan toilet juga menghilangkan noda membandel. Selain itu bisa menyeimbangkan pH dalam aquarium & kolam.

I.4. Produksi Bahan Baku

Sodium silicate ditemukan pertama kali oleh Jahamn Nepomuk Von Fuch pada tahun 1825 di Munich, Jerman. Secara umum *Sodium silicate* yang digunakan di Negara Indonesia khususnya bidang industri dispefisikan menjadi 2, yaitu :

- 1 Larutan air silika yang mengandung 1,5-4 mol SiO_2 1 mol Na_2CO_3 , sering disebut *Sodium tetrasilicate* (*Water glass*). Spefisikasi ini diproduksi dengan cara melarutkan *Sodium silicate* ke dalam air.
- 2 Solid, Kristal *Sodium silicate*. Perbandingan berat bervariasi dari 0,5 sampai 2.

Tabel I.1 Jenis *Sodium Silicate*

Nama	Ratio Weight
<i>Sodium Orthosilicate</i> (Na ₄ SiO ₄)	0,50
<i>Sodium Sesquisilicate</i> (Na ₃ HsiO ₄ .5H ₂ O)	0,67
<i>Sodium Metasilicate</i> (Na ₂ SiO ₃)	1,00
<i>Sodium Bisilicate</i> (Na ₄ Si ₂ O ₆)	2,00
<i>Sodium Tetrasilicate</i> (Na ₂ Si ₂ O ₆ .5H ₂ O)	4,06

(Faith, Keyes 1975)

Proses pembuatan *Sodium silicate* sampai sekarang hanya dikenal satu proses saja yaitu dengan mencampurkan sodium karbonat dan pasir silika, kemudian untuk mendapatkan produk *Sodium metasilicate*

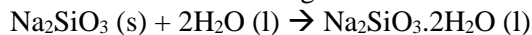


Secara umum sodium silikat di produksi dengan 2 metode :

1. Dengan mencampurkan *Sodium carbonate* dan pasir silika pada temperature 1200°C – 1450°C yang dilanjutkan dengan penghalusan dan pengayakan. Alat yang digunakan adalah *rotary kiln*.
2. Alternatif lain dengan cara mengeringkan larutan *Sodium silicate* dalam *drum granulator*. Selanjutnya dilakukan pengayakan menggunakan *screen* untuk memperoleh *Sodium silicate* dalam bentuk bubuk.

(Kirk & Orthmer, vol.2, hal 886)

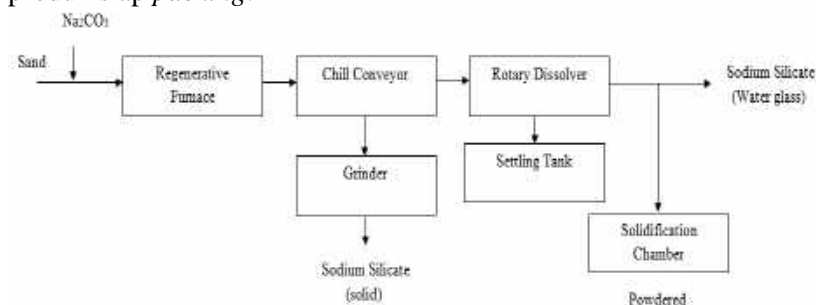
Sodium metasilicate (*Water glass*) di produksi dengan mencampurkan *Sodium silicate* solid dengan air.



(Alferd,2001)

Pembuatan *Sodium silicate* secara detail dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 1450°C, sedangkan pencampuran *Sodium silicate* dan air berlangsung pada tekanan 6 atm dan suhu 160°C. Pasir silika dan soda abu dicampur dengan *mixer* dan mengalami pemanasan awal di dalam *rotary heater*, kemudian direaksikan

dalam *regenerative furnace* pada suhu 1200°C-1450°C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung pada fase cair. *Sodium silicate* keluar dalam *regenerative furnace* dalam bentuk kering, kemudian didinginkan dalam *rotary cooler*. Keluar dari *rotary cooler* berbentuk padatan (*clinker*), kemudian dihaluskan di dalam *grinder* dan selanjutnya disaring melalui *screen* dengan ukuran 200 mesh untuk *Sodium silicate* padat. Untuk Produk cair, Produk yang dilewati *screen* dalam bentuk bubuk di campur dalam air di dalam *rotary dissolver* kemudian didinginkan sampai suhu lingkungan, produk siap *packing*.



Gambar I.1 Bagan Proses Pembuatan Sodium Silicate (Water glass)

Dari pertimbangan data Ekspor di Negara Indonesia dari tahun 2013-2018 semakin meningkat di karenakan sejumlah industri mengetahui bahwa sumber silikat yang melimpah di Negara Indonesia serta harga bahan baku yang digunakan murah yaitu *Sodium carbonate* & pasir silika maka dari itu *Sodium silicate (Water glass)* dirasa sangat memenuhi kebutuhan bahan baku untuk memproduksi *Sodium bicarbonate*.

Tabel I.2 Data Produksi *Sodium Silicate*

Tahun	Produksi (ton/tahun)
2013	36000
2014	51600
2015	78960

2016	180933
2017	282300
2018	430000

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS)

Penggunaan *Sodium silicate* adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan baku dalam silika gel yang digunakan sebagai pengering, makanan.
2. Sebagai bahan perekat untuk penyagelan dan laminating lapisan logam.
3. Sebagai bahan tambahan dalam pembuatan keramik.
4. Digunakan sebagai bahan pembuatan *drum filter*.
5. Digunakan untuk sintesis zeolit.
6. Digunakan pada produksi deterjen.
7. Digunakan pada *water treatment* yaitu sebagai *flocculating agent*.
8. Digunakan sebagai bahan baku pabrik asam silika.

1.5. Aspek Pemasaran

1.5.1 Harga Bahan Baku & Produk

Berikut ini harga bahan baku dan produk *Sodium bicarbonate* :

Tabel I.3 Harga Bahan Kimia

No	Bahan	Harga (US\$)	Harga (Rp/kg)
1	Na ₂ SiO ₃	\$0.072	1.060,158
2	CO ₂	\$0.08	1.200
3	CaCO ₃	\$0.065	9.50,00
4	H ₂ O	-	-
5	Na ₂ CO ₃	\$0.294	4.318,9
6	SiO ₂	\$0,548	11.537
7	NaHCO ₃	\$0,407	3.461,23

Sumber : www.alibaba.com

*1 US \$ = Rp. 14.736

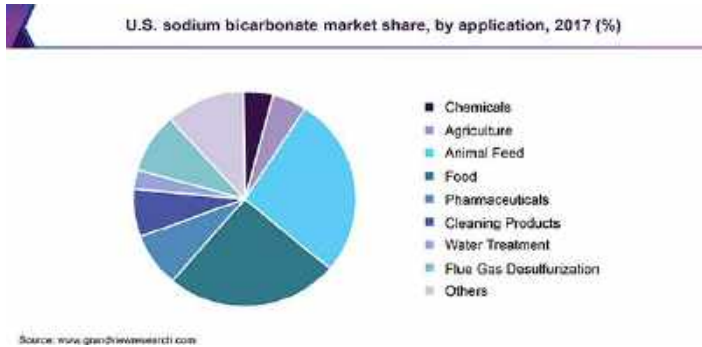
1.5.2 Segmentasi Pasar

Ditinjau dari *grand view research*, pada tahun 2017, sebanyak 27,32% *Sodium bicarbonate* digunakan dalam produksi makanan hewan. Sisanya digunakan dalam produksi makanan, minuman, farmasi, dan produk lainnya.

Tabel I.4 % Penggunaan *Sodium bicarbonate* Di dunia

Sektor	Penggunaan Produk <i>Sodium bicarbonate</i> (%)
Industri Kimia	3
Pertanian	3
Industri Makanan Hewan	29
Industri Makanan	25
Farmasi	7
Pembersih Produk	6
Pengolahan Air	2
Desulfurisasi Gas Buang	10
Lain-lain	15

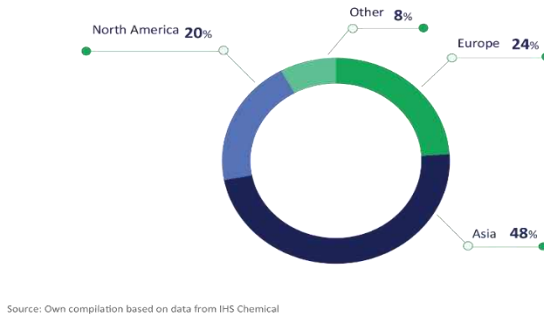
Sumber : Grand View Research



Gambar I.2 Pasar *Sodium bicarbonate* berdasarkan aplikasi Grand View Research, 2017

Sedangkan ditinjau dari area pemasaran *Sodium bicarbonate*, pada tahun 2016, sebanyak 48% memproduksi *Sodium bicarbonate* di Asia ini yang menempati posisi pertama kemudian disusul Eropa 24% dan Amerika Serikat Utara 20%.

PRODUCTION CAPACITIES OF BAKING SODA BY REGION



Gambar I.3 Pasar *Sodium bicarbonate* berdasarkan area (Ciech group, 2016)

Dari kedua tinjauan di atas, produk *Sodium bicarbonate* akan ditargetkan untuk industri makanan yang mayoritas membutuhkan produk *Sodium bicarbonate* tersebut dan industri farmasi yang saat ini sedang berkembang pesat dalam bidang kesehatan dengan menggunakan bahan baku *Sodium bicarbonate*. Pasar yang ditargetkan adalah area Asia khususnya Negara Indonesia karena memiliki tingkat konsumsi *Sodium bicarbonate* yang cukup tinggi.

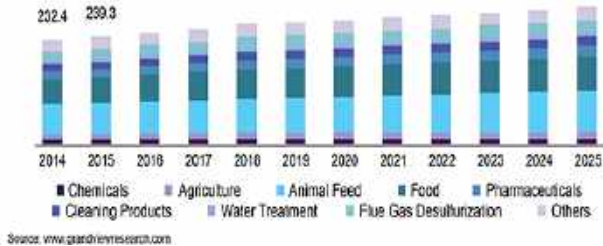
1.5.3 Target Pasar

Berdasarkan analisa pasar global yang telah dijelaskan pada subbab I.4.1, konsumen yang di targetkan pada produksi *Sodium bicarbonate* adalah industri farmasi sebagian besar & makanan yang ada di Indonesia terutama Pulau Jawa. Saat ini, banyak sekali pabrik makanan dan farmasi yang tersebar di Pulau Jawa.

1.5.4 Prospek Bisnis

Berdasarkan analisa pasar yang dilakukan oleh *Grand View Research* (2017), ditinjau dari macam produk *Sodium bicarbonate*, diprediksikan hingga tahun 2025 pakan hewan dan makanan adalah dua aplikasi utama yang menghasilkan permintaan *Sodium bicarbonate* yang cukup besar di AS, Kanada, dan Meksiko. Industri pakan ternak yang sedang tumbuh di wilayah tersebut kemungkinan akan semakin memacu permintaan produk di tahun-tahun mendatang. Sektor-sektor lain, seperti desulfurisasi gas buang, produk pembersih, dan obat-obatan juga diproyeksikan berkontribusi ke pasar secara signifikan.

U.S. sodium bicarbonate market size, by application, 2014 - 2025 (USD Million)



Gambar I.4 Jumlah Pasar *Sodium bicarbonate* berdasarkan Produk

(Grand View Research, 2017)

Gambar I.4 menunjukkan bahwa memproduksi *Sodium bicarbonate* menjadi pilihan yang tepat karena prospeknya yang bagus di masa mendatang. Ukuran pasar *Sodium bicarbonate* Amerika Utara diperkirakan USD 388,4 juta pada 2017, meluas dengan estimasi CAGR 1,8% dari 2018 hingga 2025. Pasar diperkirakan akan didorong oleh meningkatnya permintaan dari industri pengguna akhir seperti pakan ternak, makanan, bahan kimia, obat-obatan, dan pengolahan air. Selain itu, dukungan pemerintah yang kuat untuk R&D untuk meningkatkan cakupan aplikasi adalah faktor penting yang diharapkan dapat mendorong pasar. Untuk itu, pendirian pabrik *Sodium bicarbonate* sebagai tambahan bahan pada industri makanan dan farmasi di Indonesia memiliki prospek yang sangat bagus dalam memenuhi kebutuhan nasional.

BAB II

Basis Desain Data

II. 1. Kapasitas Pabrik

Berdasarkan kenaikan kebutuhan akan *Sodium bicarbonate* di Indonesia dan usaha untuk mengurangi impor dari negara lain yaitu 90% impor produk *Sodium bicarbonate* di impor dari Negara Cina, maka perlu didirikan pabrik dengan skala yang cukup untuk memenuhi kebutuhan *Sodium bicarbonate* dalam negara. Disamping itu berdirinya pabrik *Sodium bicarbonate* dapat mendorong berkembangnya industrialisasi di Indonesia.

Dengan perencanaan yang tepat maka pabrik *Sodium bicarbonate* yang didirikan diharapkan :

1. Meningkatkan perekonomian Negara Indonesia
2. Terserapnya tenaga kerja yang berarti mengurangi pengangguran dan pemanfaatan sumber daya alam.
3. Memenuhi kebutuhan *Sodium bicarbonate* dalam negeri.
4. Meningkatkan Industrialisasi, berdirinya industri-industri lainnya yang menggunakan bahan baku *Sodium bicarbonate*.

Pada pendirian pabrik, analisis pasar untuk penentuan kapasitas pabrik sangat penting. Apabila kapasitas telah ditentukan maka dapat ditentukan pula volume reaktor, perhitungan neraca massa, neraca panas, dan lain-lain. Untuk menentukan kapasitas pabrik diperlukan data-data produksi dan pemakaian bahan, yang bisa diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS).

Pabrik *Sodium bicarbonate* ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2023, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan domestik dan peningkatan nilai ekspor. Kebutuhan *Sodium bicarbonate* pada tahun 2023 dapat dihitung sebagai berikut :

$$m_1+m_2+m_3 = m_4+m_5$$

keterangan :

m_1 = Impor *Sodium bicarbonate* pada tahun 2023 (Ton).

m_2 = Produksi *Sodium bicarbonate* dalam negeri tahun 2023 (Ton).

m_3 = Kapasitas produksi *Sodium bicarbonate* tahun 2023 (Ton).

m_4 = Ekspor *Sodium bicarbonate* pada tahun 2023 (Ton).

m_5 = Konsumsi *Sodium bicarbonate* tahun 2023 (Ton).

(Timmerhaus, Edisi Kelima)

maka untuk mendapatkan kapasitas produksi *Sodium bicarbonate* tahun 2023 adalah sebagai berikut :

$$m_3 = m_4 + m_5 - m_1 - m_2$$

karena esensinya jumlah konsumsi dan jumlah kebutuhan berbeda, dimana konsumsi bergantung dari ketersediaan bahan baku atau produk, kemampuan suatu negara untuk mengekspor dan mengimpor serta kondisi keamanan suatu Negara. *Sodium bicarbonate* digunakan oleh industri makanan seperti roti, biskuit, farmasi dan di bidang pakan ternak.

Berikut data konsumsi *Sodium bicarbonate* pada beberapa perusahaan di Indonesia dari tahun ke tahun yang nantinya menjadi bahan pertimbangan untuk menentukan jumlah konsumsi *Sodium bicarbonate* di Indonesia.

Tabel II.1 Data Konsumsi *Sodium Bicarbonate* pada beberapa pabrik di Indonesia tahun 2008-2012

Perusahaan Tahun (ton)	2008	2009	2010	2011	2012
PT.Kimia Farma	-	-	-	-	-
PT.Nippon Indosari	-	-	-	-	-

PT.Charoen Pokphand	-	-	-	-	-
PT.Japfa Confeed	6473,5	5975,04	6529,6	6994,8	7311,8
PT.Malindo Feedmill	-	-	-	-	-
Pabrik Biskuit	-	-	8882	8972	9700

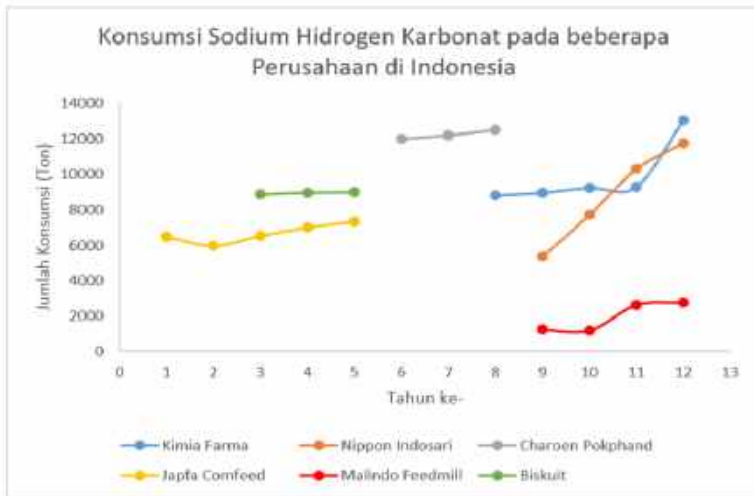
Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS)

Tabel II.2 Data Konsumsi *Sodium Bicarbonate* pada beberapa pabrik di Indonesia tahun 2013-2019

Tahun (ton) Perusahaan	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PT.Kimia Farma	-	-	7823	8664	9240	9293	13030
PT.Nippon Indosari	-	-	-	5352	7704	10292	11763
PT.Charoen Pokphand	12000	12200	12500	-	-	-	-
PT.Japfa Confeed	-	-	-	-	-	-	-
PT.Malindo Feedmill	-	-	-	1250	1187,5	2610	2750
Pabrik Biskuit	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS)

Dari data tabel II.1 & tabel II.2 dibuat kurva seperti pada gambar II.1 agar dapat dilakukan regresi untuk memprediksi jumlah konsumsi *Sodium Bicarbonate* di setiap kurva yang dipilih berbeda-beda, trendline yang dipilih adalah trendline dengan nilai R^2 mendekati 1



Gambar II.1 Grafik Data Konsumsi NaHCO₃ pada Beberapa Pabrik di Indonesia tahun 2008-2019

Dengan melakukan regresi pada setiap kurva dari gambar II.1 maka didapatkan persamaan garis sesuai dengan trendlinenya. Setelah itu, dengan menggunakan persamaan tersebut dapat diketahui jumlah kebutuhan *Sodium bicarbonate* pada setiap perusahaan di tahun 2023. Sebagai contoh pada perusahaan PT.Nippon Indosari didapatkan persamaan garis linear nya

$$y = 2182 x + 3323,1$$

$$R^2 = 0,9881$$

kemudian dari persamaan tersebut dimasukan nilai $x = 10$, artinya tahun 2023 berapa pada tahun ke 10 dalam hitungan konsumsi *Sodium bicarbonate* di PT.Nippon Indosari sejak tahun 2013. Sehingga di dapatkan nilai dari jumlah kebutuhan *Sodium Bicarbonate* pada PT.Nippon Indosari di tahun 2023 sebesar 25.143,1 ton.

Untuk data lengkap terkait jumlah konsumsi *Sodium Bicarbonate* pada beberapa pabrik di tahun 2023 ditampilkan pada tabel II.3.

Tabel II.3 Jumlah Konsumsi *Sodium Bicarbonate* di Indonesia Pada Tahun 2023

No	Nama Industri	Jumlah (ton)
1	PT.Kimia Farma, Tbk	47.728,19
2	PT.Nippon Indosari Corpindo, Tbk	25.143,1
3	Pabrik Biskuit	62.884,16
4	PT.Charoen Popkhand	22.400
5	PT.Japfa Comfeed	35.252,4
6	PT.Malindo Feedmill	7.873,92
Total		201.241,8

Sehingga total konsumsi *Sodium Bicarbonate* pada tahun 2023 sebesar 201.241,8 ton.

Tabel II.4 Perkembangan Produksi *Sodium Bicarbonate* di Indonesia

Tahun	Produksi (ton/tahun)	Pertumbuhan
2015	887,60	0
2016	2.300	1,591
2017	3.490,22	0,517
2018	4.401,90	0,261
2019	7.759,32	0,763

Perkembangan rata-rata	0,783
Perkembangan %	0,00783

Sumber : Badan Pusat Statistik
(BPS)

Dari tabel diatas diperoleh kenaikan produksi tahun = 0,00783 maka diperkirakan produksi pada tahun 2023 dapat dihitung dengan persamaan :

$$m = P (1+i)^n$$

dimana :

P = Data besarnya produksi pada tahun 2019 (ton)

M = Jumlah produk pada tahun 2023 (ton)

i = Rata-rata kenaikan produksi tiap tahun (%)

n = Selisih tahun (-)

Sehingga perkiraan produksi pada tahun 2023 sebesar :

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 7.759,32 (1 + 0,00783)^4 \\ &= 8.067,891 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Tabel II.5 Perkembangan Impor *Sodium Bicarbonate* di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan
2015	81.187,961	0
2016	94.739,607	0,167
2017	88.576,136	-0,067
2018	90.160,934	0,063

2019	92.430,352	0,119
Perkembangan rata-rata		0,071
Perkembangan %		0,00071

Sumber : Badan Pusat Statistik
(BPS)

Dari tabel diatas diperoleh kenaikan impor tahun = 0.00071 maka diperkirakan impor pada tahun 2023 dapat dihitung dengan persamaan :

$$m = P (1+i)^n$$

dimana :

P = Data besarnya impor pada tahun 2019 (ton)

M = Jumlah produk pada tahun 2023 (ton)

i = Rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = Selisih tahun (-)

Sehingga perkiraan impor pada tahun 2023 sebesar :

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 92.430,352 (1+0,00071)^4 \\ &= 92.773,166 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Impor *Sodium bicarbonate* yang semakin besar menunjukkan kebutuhan produk ini semakin meningkat setiap tahunnya. Akan tetapi, penyediaan produk *Sodium bicarbonate* dari dalam negeri hampir seluruhnya masih di impor dari negeri tirai bamboo (Cina). Oleh karena itu perencanaan pendirian pabrik *Sodium bicarbonate* di Indonesia cukup penting memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pendirian pabrik *Sodium bicarbonate* di dukung dengan masih banyak nya lahan yang dapat digunakan untuk mendirikan pabrik, SDM yang banyak, letak geografis yang strategis dan kebutuhan dunia akan *Sodium bicarbonate* yang besar.

Selain Indonesia ada beberapa Negara yang juga mengimpor *Sodium bicarbonate* dalam jumlah besar untuk

memenuhi kebutuhan dalam negeri. Ini adalah sebuah peluang untuk dapat memasarkan produk ke Negara-negara tersebut (ekspor). Berikut data impor dari beberapa Negara.

Tabel II.6 Jumlah Impor *Sodium bicarbonate* di beberapa Negara

Tahun (ton)	2015	2016	2017	2018	2019
Thailand	45.705,9 5	45.516,4 2	53.080,8 4	51.753,3 6	65.448,1 4
Korea	58.184,6 5	67.484,8 1	104.889, 2	115.158, 7	120.167
Jepang	28.799,0 5	30.974,1 8	38.265,4 4	42.788,4	40.194,0 5

Sumber : un.data 2019

Thailand menjadi Negara tujuan ekspor perusahaan kami, selain jarak yang lebih dekat dibandingkan Korea & Jepang, di akhir tahun 2015 telah berlaku pasar bebas Asean (MEA) sehingga tidak ada bea cukai atau pajak yang dikenakan untuk barang yang masuk ke Negara asean yang berasal dari Negara asean lainnya, sehingga lebih sedikit biaya untuk dikeluarkan dibanding ekspor ke Jepang atau Korea. Berikut prediksi kebutuhan *Sodium bicarbonate* di Thailand pada tahun 2023

Tabel II.7 Perkembangan Impor *Sodium Bicarbonate* di Thailand

Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan
2015	45.705,95	0
2016	45.516,42	-0,0041
2017	53.080,84	0,166

2018	51.753,36	-0,025
2019	65.448,14	0,265
Perkembangan rata-rata		0,101
Perkembangan %		0,001

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS)

Dari tabel diatas diperoleh kenaikan impor per tahun = 0,001 maka diperkirakan impor pada tahun 2023 dapat dihitung dengan persamaan :

$$m = P (1+i)^n$$

dimana :

P = Data besarnya impor pada tahun 2019 (ton)

M = Jumlah produk pada tahun 2023 (ton)

i = Rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = Selisih tahun (-)

Sehingga perkiraan impor pada tahun 2023 sebesar :

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 65.448,14 (1+ 0,001)^4 \\ &= 65.776,036 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Tabel II.8 Perkembangan Ekspor *Sodium Bicarbonate* di Indonesia

Tahun	Ekspor (ton/tahun)	Pertumbuhan
2015	22,682	0
2016	92,601	16,309

2017	17,622	0,045
2018	48,889	1,774
2019	19,978	-0,591
Perkembangan rata-rata		4,384
Perkembangan %		0,044

Sumber : Badan Pusat Statistik
(BPS)

Dari tabel diatas diperoleh kenaikan ekspor per tahun = 0,044 maka diperkirakan ekspor pada tahun 2023 dapat dihitung dengan persamaan :

$$m = P (1+i)^n$$

dimana :

P = Data besarnya ekspor pada tahun 2019 (ton)

M = Jumlah produk pada tahun 2023 (ton)

i = Rata-rata kenaikan ekspor tiap tahun (%)

n = Selisih tahun (-)

Sehingga perkiraan ekspor pada tahun 2023 sebesar :

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 19,978 (1+0,044)^4 \\ &= 24,777 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari data kebutuhan, ekspor *Sodium Bicarbonate* di Indonesia, dan prediksi jumlah produksi dalam negeri serta keinginan untuk mengekspor produk maka dapat ditentukan kapasitas produksi untuk mendirikan pabrik *Sodium Bicarbonate* menggunakan persamaan :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

dimana :

m_1 = Impor *Sodium bicarbonate* pada tahun 2023 (Ton) .

m_2 = Produksi *Sodium bicarbonate* dalam negeri tahun 2023 (Ton).

m_3 = Kapasitas produksi *Sodium bicarbonate* tahun 2023 (Ton).

m_4 = Ekspor *Sodium bicarbonate* pada tahun 2023 (Ton).

m_5 = Konsumsi *Sodium bicarbonate* tahun 2023 (Ton).

(Timmerhaus, Edisi Kelima)

Maka :

$$m_3 = m_5 + m_4 - m_1 - m_2$$

$$m_3 = 201.241,8 + 24,777 - 92.773,166 - 8.067,891$$

$$m_3 = 100.425,52 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas produksi pabrik di atas, maka pabrik yang akan berdiri akan mendominasi 20% dari total kebutuhan *Sodium bicarbonate* untuk menutupi kebutuhan impor yang ada. maka kapasitas produksi menjadi :

Kapasitas Produksi Pabrik *Sodium bicarbonate*

$$= (20\%) \times 100.425,52 \text{ ton/tahun}$$

$$= 20.085,104 \text{ ton/tahun}$$

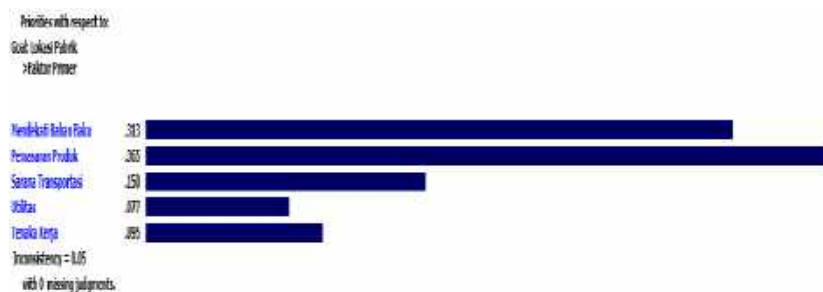
Jika dibulatkan maka kapasitas produksi pabrik *Sodium bicarbonate* pada tahun 2023 yaitu **20.000 ton/tahun.**

II. 2. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik dan akan mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan pabrik tersebut. Untuk memilih lokasi pabrik, harus mempertimbangkan beberapa faktor yang diklasifikasi sebagai berikut :

1. Faktor Primer, meliputi letak pabrik terhadap bahan baku, pasar untuk pemasaran produk, sarana transportasi, utilitas dan tenaga kerja yang tersedia.
2. Faktor Sekunder, meliputi luas area untuk memperluas pabrik, karakteristik lokasi untuk mendirikan pabrik, kebijakan pemerintah dan sosial masyarakat daerah setempat.

Atas pertimbangan tersebut, dipilih calon beberapa lokasi, yaitu daerah Tuban (Jawa Timur), Cilegon (Banten), dan kawasan industri Sentul Bogor (Jawa Barat). Dilakukan pembobotan menggunakan Aplikasi *Expert Choice* untuk mempertimbangkan faktor-faktor tersebut terhadap calon daerah yang akan dipilih dan hasilnya adalah sebagai berikut :



Gambar II.2 Pembobotan Faktor Primer dengan *Expert Choice*

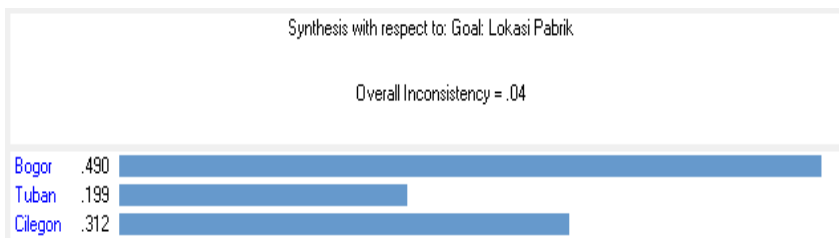
Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa untuk memilih lokasi pabrik berdasarkan faktor primer bisa dilihat dari faktor pemasaran produk, mendekati bahan baku, sarana transportasi, tenaga kerja, kemudian utilitas.



Gambar II.3 Pembobotan Faktor Sekunder dengan *Expert Choice*

Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa untuk memilih lokasi pabrik berdasarkan faktor sekunder bisa dilihat dari

faktor karakteristik lokasi, perluasan area pabrik, sosial masyarakat dan kebijakan daerah setempat. Sehingga didapatkan kesimpulan pembobotan lokasi pabrik sebagai berikut :



Gambar II.4 Pembobotan Lokasi Pabrik berdasarkan *Expert Choice*

Oleh karena itu, pabrik *Sodium bicarbonate* ini direncanakan akan berlokasi di kawasan industri sentul, Bogor, Jawa Barat dengan penjelasan faktor-faktor tersebut sebagai berikut ini:

➤ **Faktor Primer**

1. Pemasaran Produk

Dengan pesatnya pembangunan industri di tempat tersebut maka pasar untuk penjualan produk cukup baik. Pemasaran produk di targetkan di seluruh pulau di Negara Indonesia khususnya pulau jawa dikarenakan banyak nya pabrik hilir yaitu pabrik yang mengolah bahan baku menjadi bahan setengah jadi dan bahan jadi untuk di konsumsi oleh masyarakat. Dominasi pabrik makanan dan farmasi terdapat di pulau jawa. Sehingga pemasaran akan sangat strategis, dengan lokasi kota bogor yang masih berdekatan dengan kegiatan pusat pulau jawa yaitu Ibukota Jakarta.

2. Letak pabrik terhadap bahan baku

Bahan baku merupakan faktor utama dalam kelangsungan operasi suatu pabrik. Bahan baku utama *Sodium bicarbonate* adalah *Sodium Silicate* atau biasa disebut *Water Glass*. Bahan tersebut di suplai oleh PT. Ajidharma Mas Tritunggal yang terletak di Gunung Putri,

Bogor, Jawa Barat. PT. Ajidharma Mas Tritunggal dipilih sebagai penyedia bahan baku utama karena PT. Ajidharma Mas Tritunggal merupakan salah satu perusahaan pengeksport *Sodium silicate* terbesar di Indonesia dengan kapasitas 60.000 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan ketersediaan dan lokasi bahan baku tersebut, maka Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat dipilih sebagai lokasi pembangunan pabrik, karena lokasi ini dekat dengan bahan baku sehingga dapat mengurangi biaya transportasi. Bahan pembantu berupa gas CO₂ yang di suplai dari PT. Samator Gas di Cileunyi, Bogor dengan kapasitas 99.000 ton/tahun, juga bahan pembantu berupa CaCO₃ yang di suplai dari PT. Batu Gunung Multi Sarana di Rengasjajar, Cigedug Bogor Jawa Barat dengan kapasitas 200.000 ton/tahun.

3. Sarana Transportasi

Fasilitas transportasi berupa angkutan darat cukup memadai, sehingga pengiriman bahan baku ataupun pemasaran produk dapat berjalan lancar. Selain itu, Kota Bogor memiliki pasar yang strategis untuk penjualan produk, sehingga juga meminimalkan biaya transportasi untuk produk. Selain itu kawasan ini juga dekat dengan sarana dan prasarana transportasi seperti sarana pengangkutan dengan kereta api maupun jalan raya, sehingga memberi kemudahan dalam operasional administrasi dan pengelolaan manajemen.

4. Utilitas

Utilitas suatu pabrik meliputi energi (listrik), *steam* dan air. Daerah Bogor yang terletak di provinsi Jawa Barat memiliki Kawasan Industri yang terencana sehingga kebutuhan utilitas seperti tenaga listrik, air dan bahan bakar dapat diatasi. Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai dan danau sekitar kawasan industri Bogor, Jawa Barat. Sedangkan unit pengadaan listrik diambil dari PLN setempat dan generator sebagai cadangan.

5. Tenaga Kerja

Kawasan Industri Bogor terletak tidak terlalu jauh dari pusat kota yang memiliki banyak lembaga pendidikan formal maupun nonformal sehingga memiliki potensi tenaga ahli baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dengan didirikannya pabrik ini akan mengurangi tingkat pengangguran baik dari penduduk sekitar ataupun penduduk urban. Selain itu, tenaga ahli juga dapat diambil dari luar daerah mengingat lokasi pabrik yang tidak jauh dari pusat kota sehingga memudahkan akses.

➤ **Faktor Sekunder**

1. Karakteristik Lokasi

Menyangkut iklim di daerah tersebut serta kondisi sosial dan sikap masyarakatnya yang sangat mendukung bagi sebuah kawasan industri sentul terpadu. Maka dari itu Kota Bogor bisa digunakan sebagai lokasi pendirian Pabrik *Sodium Bicarbonate*.

2. Perluasan Area Pabrik

Bogor memiliki kemungkinan untuk perluasan pabrik karena mempunyai areal yang cukup luas. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan semakin meningkatnya permintaan produk, akan menuntut adanya perluasan pabrik.

3. Sosial Masyarakat

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di Bogor dirasa tepat untuk didirikan Pabrik *Sodium Bicarbonate*.

4. Kebijakan pemerintah

Sesuai dengan kebijakan pengembangan industri, pemerintah telah menetapkan daerah Bogor sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor asing, Pemerintah sebagai fasilitator telah memberikan kemudahan-kemudahan dalam perizinan, pajak dan lain-lain yang menyangkut teknis pelaksanaan pendirian suatu pabrik. Dengan memperhatikan faktor-faktor

tersebut di atas maka lokasi pabrik akan didirikan di wilayah Kawasan Industri Sentul Kota Bogor, Jawa Barat dengan \pm 2,5 Ha.



Gambar II.5 Peta Lokasi Pendirian Pabrik *Sodium Bicarbonate*

II. 3. Kondisi Alam Lokasi Pabrik

Pabrik *Sodium bicarbonate* ini direncanakan di didirikan di Kota Bogor, Jawa Barat. Dengan kondisi alam sebagai berikut :

- a) Kelembaban : 59-63%
- b) Suhu : 22-32°C
- c) Curah Hujan : Ringan
- d) Gempa : -
- e) Angin : 18.5 km/jam
- f) Arah Angin : Timur Selatan

Sumber : Badan Meteorologi & Geofisika (BMKG)

II. 4. Spesifikasi Bahan Baku & Produk

II.4.1. Bahan Baku Utama

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi *Sodium bicarbonate* adalah *water glass* atau *Sodium silicate*. Natrium silikat adalah nama umum untuk senyawa dengan

rumus kimia $\text{Na}_2\text{O} \cdot (\text{SiO}_2)$ atau Na_2SiO_3 . Senyawa ini lebih dikenal dengan nama natrium metasilikat, waterglass atau gelas cair. Bahan-bahan ini tersedia dalam larutan dan dalam bentuk padat. Komposisi murni tidak berwarna atau putih, tetapi pada umumnya sering berwarna kehijauan atau biru karena mengandung *impurities* seperti besi. *Sodium silicate* digunakan dalam semen, proteksi kebakaran pasif, tekstil, dan pengolahan kayu, refraktori dan mobil.

Tabel II.9 Baku Mutu Penggunaan *Sodium Silicate*

No.	Nama Bahan	Jenis/Bahan Makanan	Batas Maksimum Penggunaan
1	Natrium Silikat	Pengering Makanan	50 g/kg tunggal /campuran dengan hidroksida (NH_3 , K, Mg, Na), karbonat (NH_3 , K, Ca, Mg) dan bicarbonate (NH_3 , K, Ca, Mg), dihitung sebagai K_2SiO_3
2		Zeolit	Secukupnya
3		Bahan Tambahan Keramik	Secukupnya
4		Pelapis Logam	Secukupnya

(SNI 0127:2015)

Tabel II.10 Komposisi *Sodium silicate* PT Aji Dharmamas Tri Tunggal

Nama Kimia :	<i>Sodium Silicate (Water glass)</i>
Spesifikasi Kimia	

Komponen	Takaran
Sodium Silicate (Water glass), SiO ₂ NaO	Maks.99-100 27,7% 6,8%
Sodium Carbonat, Na ₂ CO ₃ , (%)	Maks. 0,10

(PT Aji Dharma Mas Tri Tunggal)

Sifat Fisis

Rumus Molekul : Na₂SiO₃.2H₂O

Berat Molekul : 158 g/gmol

Bentuk : larutan

Penampilan : Jernih

Warna : tidak berwarna

Bau : tidak berbau

Degree Baume : 40 (30°C)

Relative Density : 1,41 gr/cm

Kelarutan : 100% (dalam air)

pH : 11,5

Sifat Kimia

Na₂CO₃ + 2SiO₂ → Na₂O.2SiO₂

Pada produksi *Sodium bicarbonate*, digunakan Water Glass 27,7% SiO₂ dari PT. Ajidharma Mas Tritunggal.



Gambar II.6 *Waterglass* wujud padat dan cair

(Sumber : PT Aji Dharma Masa Tri Tunggal)

II.4.2. Bahan Baku Penunjang

A) Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Satu molekul air memiliki dua atom hidrogen kovalen terikat pada atom oksigen tunggal. Penggunaan air di industri terutama adalah untuk proses, pembersihan, pemanasan, pendinginan, dan pembuatan uap/steam. Sumber air berasal dari air permukaan termasuk di dalamnya air sungai, air tanah, dan air laut. Kualitas air ditentukan oleh kualitas dan kuantitas kontaminan biologi, fisika, dan kimia.

Tabel II.11 Baku Mutu Air Proses

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Keterangan
A Fisika				
1	Bau	-	-	Tak Berbau
2	TDS	Mg/L	1,000	
3	Kekeruhan	NTU	5	
4	Rasa	-	-	
5	Suhu	°C		Tak Berbau
6	Warna	Skala TCU	15	
B Kimia Organik				
1	Air Raksa	Ppm	0,001	

2	Aluminium	Ppm	0,2	
3	Arsen	Ppm	0,05	
4	Barium	Ppm	1,0	
5	Besi	Ppm	0,3	
6	Flourine	Ppm	0,5	
7	Cadmium	Ppm	0,005	
8	Kesadahan	Ppm	500	
9	Klorida	Ppm	250	
10	Kromium Valensi 6	Ppm	0,05	
11	Mangan	Ppm	0,1	
12	Natrium	Ppm	200	
13	Perak	Ppm	0,05	
14	pH	Ppm	6,5-8,5	
15	Selenium	Ppm	0,01	Batas Maks & Min
16	Seng	Ppm	5	
17	Sianida	Ppm	0,1	
18	Sulfat	Ppm	400	
19	Silfide sebagai H ₂ S	Ppm	0,005	
20	Tembaga	Ppm	1,0	
21	Timbal	Ppm	0,05	
C	Kimia Organik			
1	Aldrin & Dieldrin	Ppm	0,0007	
2	Benzena	Ppm	0,01	
3	Benzo (a) Pyrene	Ppm	0,0001	
4	Chlordane (total isomer)	Ppm	0,003	
5	Chlordane	Ppm	0,03	
6	2,4-D	Ppm	0,10	

7	DDT	Ppm	0,03
8	Detergen	Ppm	0,5
9	1,2-Dichloroethane	Ppm	0,003

(SNI 01-3553-2006)

Sifat Fisis

Rumus Molekul	: H ₂ O
Bentuk	: cairan
Warna	: tidak berwarna
Bau	: tidak berbau
Berat Molekul	: 18 g/gmol
pH	: 7
Titik leleh	: 0 °C
Titik didih	: 100 °C
Temperatur kritis	: 374.1 °C
Tekanan kritis	: 218.3 atm
Tekanan vapor	: 17.535 mmHg
Density	: 1 gr/cm ³
Specific gravity	: 0.99823 g/ml

Sifat Kimia

- Merupakan senyawa kovalen polar.
- Bersifat netral.
- Pelarut yang baik.
- Dapat Menguraikan asam dan basa.
- Bereaksi dengan oksida logam membentuk hidroksida yang bersifat basa dan apabila bereaksi dengan oksida non logam membentuk asam.
- Merupakan elektrolit lemah dan mampu menghantarkan listrik karena terionisasi.



Pada pabrik ini menggunakan air dari sumber air yang terdekat seperti sungai dan danau. Diperlukan tahap pre-treatment untuk memurnikan air yang akan digunakan untuk proses.

B) Gas CO₂

Karbon dioksida (CO₂) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Ia berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume walaupun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu.

Tabel II.12 Baku Mutu Gas CO₂ PT.Aneka Gas

No	Uraian	Takaran
1	Karbon Dioksida	Min 99,9%
2	Karbon Monoksida	Maks. 10 ppm
3	Total Hidrokarbon -metana -Non-metana	Maks 50 ppm Maks 20 ppm
4	Benzena	Maks 0,02 ppm
5	Asetaldehid	Maks 0,2 ppm
6	H ₂ S	Maks 0,1 ppm
7	SO ₂	Maks 1 ppm
8.	Bau	Tidak berbau
9.	Rasa	Tidak berasa asing

(SNI 0029:2008)

Sifat Fisis

Rumus Molekul : CO₂

Bentuk : gas

Penampilan : gas tidak berwarna

Berat Molekul : 44 g/gmol

Warna : tidak berwarna

Bau : tidak berbau

pH : 3.7 (carbonic acid)

Kelarutan : 2000 mg/l (dalam air)

Sifat Kimia

- Karbon Dioksida sangat stabil pada suhu biasa. Jika dipanaskan sampai 1700°C reaksi akan berjalan ke kanan (1,5% pada 2227°C)



- Karbon Dioksida dapat direduksi dengan H₂
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- Karbon Dioksida dapat bereaksi dengan ammonium membentuk ammonium carbonat.
 $\text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$

CO₂ yang digunakan diambil dari PT. Samator Gas yang berada di Cileunyi, Bogor , Jawa Barat sesuai dengan banyak yang diperlukan.

C) *Calcium Carbonate*

Calcium carbonate ialah senyawa kimia dengan formula CaCO₃. Senyawa ini merupakan bahan yang umum dijumpai pada batu di semua bagian dunia, dan merupakan komponen utama cangkang organisme laut, siput, bola arang, mutiara, dan kulit telur. Kalsium karbonat ialah bahan aktif di dalam kapur pertanian, dan tercipta apabila ion Ca⁺ di dalam air keras bereaksi dengan ion karbonat menciptakan *limescale*. Ini biasanya digunakan dalam pengobatan sebagai tambahan kalsium atau sebagai antasida, tetapi konsumsi berlebihan bisa berbahaya.

Tabel II.13 Baku Mutu Penggunaan *Calcium carbonate*

No.	Nama Bahan Tambahan Pangan	Jenis Penyakit	Batas Maksimum Penggunaan
1	Kalsium Karbonat	Senyawa Penetral	secukupnya, tunggal
2		Pasta gigi	150 g/kg, tunggal atau campuran

			dengan pengasaman dan pengemulsi lain dihitung terhadap bahan anhidrat
3		Pembuat Cat	Secukupnya (200-500 g/kg)
4		Semen	Secukupnya

(SNI 01-0222-1995)

Sifat Fisis

Rumus Molekul: CaCO_3

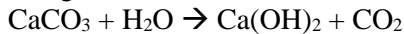
Berat Molekul : 100,09 g/gmol
 Penampilan : Serbuk putih halus
 Bau : Tak Berbau
 Densitas : 2,711 g/cm³
 Titik Lebur : 825°C (aragonit)
 Titik Didih : Mengurai
 Kelarutan dalam air : 0,0013 g/100 mL (25°C)
 Hasil Kali kelarutan : $4,8 \times 10^{-9}$
 Kelarutan dalam air : larut
 Keasaman : 9,0
 Indeks bias : 1,59

Sifat Kimia

- Kalsium karbonat bila dipanaskan akan pecah dan menjadi serbuk remah yang lunak yang dinamakan kalsium oksida

(CaO). dengan reaksi sebagai berikut:
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

- Reaksi ini akan berlanjut apabila ditambahkan air, reaksinya akan berjalan dengan sangat kuat dan cepat apabila dalam bentuk serbuk, serbuk kalsium karbonat akan melepaskan kalor. Molekul dari CaCO_3 akan segera mengikat molekul air (H_2O) yang akan membentuk kalsium hidroksida, zat yang lunak seperti pasta. Sebagaimana ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:



Gambar II.7 *Calcium Carbonate*

II.4.3. Produk Intermediet

A) *Sodium Carbonate* (Na_2CO_3)

Produk ini merupakan produk intermediate yang dihasilkan oleh pabrik ini. Setelah itu diolah lebih lanjut agar menghasilkan produk utama yaitu *Sodium bicarbonate*.

Natrium karbonat merupakan komoditas kimia yang sekitar 75% produksi dunia adalah abu sintesis yang dibuat dari Natrium klorida melalui Proses Solvay atau proses yang sejenis, sisanya yang 25% di produksi dari Natrium karbonat alami. Dalam dunia perdagangan, Natrium karbonat banyak dimanfaatkan untuk industri kaca, obat – obatan, bahan makanan, water treatment, deterjen, industri pulp dan kertas, industri tekstil dan lain – lain (Kirk and Othmer, 1979).

Tabel II.14 Baku Mutu Penggunaan *Sodium carbonate*

No.	Nama Bahan Tambahan Makanan	Jenis/Bahan Makanan	Batas Maksimum Penggunaan
1	Natrium Karbonat	Coklat	50 g/kg tunggal /campuran dengan hidroksida (NH ₃ , K , Mg, Na) , karbonat (NH ₃ , K, Ca, Mg) dan bicarbonate (NH ₃ , K, Ca, Mg), dihitung sebagai K ₂ CO ₃ anhidrat, pada coklat bebas lemak
2		Mentega	2 g/kg, tunggal atau campuran dengan penetral lain, dihitung terhadap bahan anhidrat
3		Jem & Jeli	Secukupnya hingga pH antara 2, 8 dan 3, 5
4		PASI	Secukupnya

(SNI 01-0222-1995)

Sifat FisisRumus Molekul : Na₂CO₃

Berat Molekul	: 105.99 g/gmol
Bentuk	: padatan
Penampilan	: serbuk putih atau granula
Warna	: putih
Bau	: tidak berbau
Specific gravity/density	: 2.53 g/cm ³
Kelarutan	: 50.31 g/100 ml air pada 70°C
Densitas	: 2.533 g/cm ³ pada 70°C
Kemurnian	: 99,9 % impuritas 0,01% SiO ₂

Sifat Kimia

- Bereaksi dengan SiO₂ menghasilkan Na₂O

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 + \text{CO}_2$$
- Bereaksi dengan Ca(OH)₂ menghasilkan NaOH

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{CaCO}_3$$
- Bereaksi dengan CaCl₂ menjadi CaCO₃

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl}$$



Gambar II.8 *Sodium carbonate*

B) Silikon Dioksida

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO₂ (silicon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-

kristal silika (SiO_2) (Bragmann and Goncalves, 2006; Della et al, 2002).

Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C dan bila pemanasan dilakukan pada suhu 1470°C dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, 1989).

Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Iler, 1979).

Tabel II.15 Baku Mutu Penggunaan *Silicon Dioxide*

No.	Nama Bahan Tambahan	Jenis/Bahan Makanan	Batas Maksimum Penggunaan
1	Silikon Dioksida	Gelas	10 g/kg tunggal /campuran
2		Keramik	Secukupnya
3		Porselin	50-65 g/kg tunggal /campuran

(SNI 01-0222-1995)

Sifat Fisis

Rumus Molekul	: SiO_2
Berat Molekul	: 60.08 g/gmol
Bentuk	: padatan
Penampilan	: serbuk
Bau	: tidak berbau
Densitas	: 2,196
g/cm ³	
Kelarutan	: tidak mudah larut (0,079 g/liter)
Kemurnian	: 99,9% impuritas 0,01% Na_2CO_3

Sifat Kimia

- **Reaksi Asam**
Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofleurida dan asam fospat.
$$\text{SiO}_2(\text{s}) + 4\text{HF}(\text{aq}) \rightarrow \text{SiF}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- **Reaksi Basa**
Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali.
$$\text{SiO}_2(\text{s}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$



Gambar II.9 *Silicon Dioxide*

II.4.4. Harga Bahan Baku

Bahan baku *Water glass* diperoleh dari perusahaan yaitu bernama PT.Ajidharma Mas Tri Tunggal, Tbk yang terletak di Gunung putri, Bogor, Jawa Barat. Dengan bahan baku *Sodium bicarbonate* yaitu *Water glass* memiliki harga jual rata-rata pada tahun 2019 sebesar Rp. 1.060,-/kilogram (www.alibaba.com). Untuk mendapatkan bahan baku, terdapat dua cara transaksi yang dilakukan, yakni:

- a. FOB (Free On Board)

Pada jenis transaksi ini, pihak penjual (dalam hal ini adalah PT.Ajidharma Mas Tri Tunggal, Tbk) hanya bertanggung jawab atas produknya sampai ketika *water glass* siap dikemas dan dikirim ke konsumen. Sistem transaksi seperti ini akan memberikan risiko yang lebih rendah bagi pihak penjual.

- b. CIF (Cost Insurance Freight)

Berbeda dengan jenis transaksi sebelumnya, pada CIF, maka produk *Water glass* menjadi tanggung jawab pihak penjual (dalam hal ini adalah PT.Ajidharma Mas Tri Tunggal, Tbk) sampai produk tersebut tiba di tempat konsumen. Oleh karena itu, tanggung jawab dan risiko pihak penjual menjadi lebih besar.

II.4.5. Target Produk Utama

Sodium bicarbonate dipasarkan dalam bentuk Kristal putih. Spesifikasi *Sodium bicarbonate* di kategorikan dalam spesifikasi grade makanan & grade obat-obatan.

Tabel II.16 Baku Mutu Penggunaan *Sodium bicarbonate*

No.	Nama Bahan Tambahan Makanan	Jenis/Bahan Makanan	Batas Maksimum Penggunaan
1	Natrium Bikarbonat	Keju	30 g/kg, tunggal atau campuran dengan CaCO ₃
2		Sediaan Keju Olahan	40 g/kg, tunggal atau campuran dengan pengasaman dan pengemulsi lain dihitung terhadap bahan anhidrat
3		Coklat	50 g/kg, tunggal atau campuran dengan

			hidroksida (NH ₃ , K, Ca, Mg, Na) dan bikarbonat (NH ₃ , K), dihitung sebagai K ₂ CO ₃ anhidrat, pada coklat bebas lemak
4		Jem & Jelli: Mermalad	Secukupnya
		Mentega	2 g/kg, tunggal atau campuran dengan penetral lain, dihitung terhadap bahan anhidrat.
		Pasta Tomat	Untuk menaikkan pH hingga tidak lebih dari 4,3
		Soda Kue	Secukupnya
		PASI : makanan bayi kalengan ; Makanan pelengkap sereal	Secukupnya

(SNI 01-0222-1995)

Tabel II.17 Baku Mutu *Food Grade for Sodium bicarbonate*

Nama Kimia :	<i>Sodium Hidrogen carbonate</i>
Spesifikasi Kimia	
Komponen	Takaran

Sodium Bicarbonat NaHCO ₃ , (%)	Min. 99,30		
Sodium Carbonat, Na ₂ CO ₃ , (%)	Maks. 0,50		
Ion Calsium, Ca ⁺ (ppm)	Maks. 60		
Ion Chlorida, Cl ⁻ (ppm)	Maks. 100		
Besi, Fe ³⁺ (ppm)	Maks. 6		
Sulfat, SO ₄ ²⁻ (ppm)	Maks. 100		
pH (% 1 larutan)	Maks. 8,5		
<i>Copper</i> , Cu (ppm)	Maks. 1		
<i>Arsenic</i> , As (ppm)	Maks. 1		
Timbal, Pb (ppm)	Maks. 2		
Merkuri, Hg (ppm)	Maks. 0,1		
<i>Cadmium</i> , Cd (ppm)	Maks. 0,5		
Komponen tidak larut dalam air (ppm)	Maks. 200		
<i>Loss in Drying</i> (%)	Maks. 25		
Spesifikasi Fisika			
Kondisi Fisik : Granular kecil mengalir bebas			
Kelarutan : Kelarutan dalam air, tidak larut di etanol			
Klasifikasi menurut ukuran partikel :			
Analisa Sieve :	Granular :	Standar :	<i>Coarse</i> :
> 0,6 mm (%)	-	<i>Trace</i>	-
> 0,250 mm (%)	Maks 0,10	-	Min 7,5
< 0,150 mm (%)	-	-	-
> 0,125 mm (%)	Maks 22,50	-	Min 60,0
< 0,125 mm (%)	Min 77,50	-	Maks
Densitas (gr/cm ³)	-	-	11,0
			-
Spesifikasi Mikrobiologi			
Tipe Bakteri	Satuan	Ukuran	

Enterobacteriaceae	Kob/gr	Maks 100
Yeast Mold	Kob/gr	Maks 1000
Salmonella	Kob/gr	Tidak ada
Pengemasan :		
<ol style="list-style-type: none"> 25 kg tertutup penuh, terblok bagian bawah dan di lapiasi bahan Polypropilen ,Polyethylene, Tas Kraft . 25 kg di kemas oleh bahan Polypropilen dalam 1350 kg paket. 1000 kg dan 1250 kg terlapiasi Polypropilen dengan ukuran besar. 		
Uji Kesesuaian :		
<ol style="list-style-type: none"> Berdasarkan MSDS yang tertera Produk terlabel sertifikat halal 		

(SNI 01-0222-1995)

Tabel II.18 Baku Mutu *Pharmateucial Grade for Sodium bicarbonate*

Nama Kimia :	<i>Sodium Hidrogen carbonate</i>
Spesifikasi Kimia	
Komponen	Takaran
Sodium Bicarbonat NaHCO ₃ , (%)	99 to 101
Sodium Carbonat, Na ₂ CO ₃ , (%)	Maks. 8,6
Ion Calsium, Ca ⁺ (ppm)	Maks. 100
Ion Chlorida, Cl ⁻ (ppm)	Maks. 200
Besi, Fe ³⁺ (ppm)	Maks. 20
Sulfat, SO ₄ ²⁻ (ppm)	Maks. 150
<i>Copper</i> , Cu (ppm)	Maks. 1
<i>Arsenic</i> , As (ppm)	Maks. 2
Amonium (ppm)	Maks. 20
Spesifikasi Fisika	

Kondisi Fisik : Larutan Bening			
Kelarutan : Kelarutan dalam air, tidak larut di etanol			
Klasifikasi menurut ukuran partikel :			
Analisa Sieve :	Granular :	Standar :	<i>Coarse</i>
> 0,6 mm (%)	-	<i>Trace</i>	:
> 0,250 mm (%)	Maks 0,10	-	-
< 0,150 mm (%)	-	-	Min 7,5
> 0,125 mm (%)	Maks 22,50	-	-
< 0,125 mm (%)	Min 77,50	-	Min
Densitas (gr/cm ³)	-	-	60,0
			Maks
			11,0
			-
Spesifikasi Mikrobiologi			
Tipe Bakteri	Satuan	Takar	
Enterobacteriaceae	Kob/gr	Tidak ada	
Yeast Mold	Kob/gr	Tidak ada	
Salmonella	Kob/gr	Tidak ada	
Pengemasan :			
1. 25 kg tertutup penuh, terblok bagian bawah dan di lapisi bahan Polypropilen ,Polyethylene, Tas Kraft .			
2. Di bagian dalam paking dilapisi LDPE			
Uji Kesesuaian :			
3. Berdasarkan MSDS yang tertera			
4. Produk terlabel sertifikat halal			

(SNI 01-0222-1995)

Natrium bikarbonat adalah senyawa kimia dengan rumus NaHCO₃. Senyawa ini disebut juga *baking soda* (soda kue), Sodium bikarbonat, natrium hidrogen karbonat, dan lain-lain. Senyawa ini merupakan kristal yang sering terdapat dalam

bentuk serbuk. Natrium bikarbonat larut dalam air. Senyawa ini digunakan dalam roti atau kue karena bereaksi dengan bahan lain membentuk gas karbon dioksida, yang menyebabkan roti "mengembang".

Senyawa ini juga digunakan sebagai obat antasid (penyakit maag atau tukak lambung). Karena bersifat alkaloid (basa), senyawa ini juga digunakan sebagai obat penetral asam bagi penderita asidosis tubulus renalis (ATR) atau rhenal tubular acidosis (RTA). Selain itu, natrium bikarbonat juga dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kadar asam urat.

Sifat Fisis

Rumus Molekul	: NaHCO ₃
Berat Molekul	: 84.01 g/gmol
Bentuk	: padatan
Penampilan	: serbuk
Warna	: putih
Bau	: tidak berbau
pH	: 8.3
Titik leleh	: 270 °C
Specific gravity/density	: 2.159 g/cm ³
Kelarutan	: 12,7 g/100ml air pada suhu 75°C
Densitas	: 2,173 g/cm ³ pada 75°C
Kemurnian	: 99,9%

Sifat Kimia

- Bereaksi dengan asam akan menghasilkan Natrium dan Gas
$$\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$



Gambar II.10 *Sodium Bicarbonate*

II. 5. Basis Perhitungan

Untuk menentukan perhitungan neraca massa & neraca panas maka dibutuhkan basis perhitungan. Basis perhitungan pada pabrik *Sodium Bicarbonate* ini adalah sebagai berikut :

Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Waktu operasi	: 300 hari/tahun
Suhu referensi	: $25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$
Satuan operasi	: kg/jam dan kJ

BAB III

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

III.1. Macam-macam Proses

Pembuatan baking soda (soda kue) atau *Sodium Bicarbonate* pada dasarnya mereaksikan bahan baku yang digunakan yaitu *Sodium Carbonate* dan gas karbon dioksida sehingga menghasilkan baking soda (soda kue). Pembuatan baking soda pada umumnya hanya dilakukan dengan tiga proses yaitu :

- a. Proses Ammonia – Soda (Proses Solvay)
- b. Proses Le Blanc
- c. Proses Karbonasi

III.2. Seleksi dan Uraian Proses

Dari 3 (tiga) proses diatas, dapat diuraikan tentang perbandingan teknis dan ekonomis yang tercantum dalam tabel berikut:

Tabel III.1 Parameter Seleksi Proses *Sodium Bicarbonate*

No.		Proses Le blanc	Proses Solvay	Proses Karbonasi
1.	Kemurnian	90.80%	95.7 %	99.0%
2.	Produk	NaCl (solid) &	NH ₃ , H ₂ O, CO ₂	Na ₂ SiO ₃
3.	Bahan Baku	H ₂ SO ₄	dan NaCl	(Cair), CO ₂ & H ₂ O
	Kondisi	95°C	70 °C	75°C
4.	Operasi	3 atm	4 atm	2 atm
5.	1.Suhu	Tinggi	Sedang	Rendah
	2. Tekanan	Tinggi	Tinggi	Rendah
6.	Korosifitas	HCl ,CO ₂ &CaS	NH ₄ Cl	SiO ₂
7.	Bahan Aspek dampak lingkungan	Rp.9.000,15/kg	Rp 9.287,02/ kg	Rp 10.308,505/kg

	Produk Samping Gross Profit			
--	-----------------------------	--	--	--

Perhitungan *Gross Profit* :

Tabel III.2 Gross Profit Proses Ammonia-Soda (Proses Solvay)

Reaksi	NH ₃	+H ₂ O	+CO ₂	+NaCl	→	NaHCO ₃	+NH ₄ Cl
Kmol	1	1	1	1		1	1
BM	17	18	44	58,4		84,01	53,5
Kg	17	18	44	58,4		84,01	53,5
Kg/Kg NaCl	0,291	0,308	0,753	1		1,438	0,916
Harga (Rp/kg)	5.778	-	1.200	7.22,262		6.000	4.330

$$\begin{aligned}
 \text{Gross Profit} &= \{ (6.000 \times 1,438) + (4.330 \times 0,916) \} - \{ (5.778 \times 0,291) \\
 &\quad + (0,753 \times 1.200) + (7.22,262 \times 1) \} \\
 &= \text{Rp } 9.287,02 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

Tabel III.3 Gross Profit Proses Le-Blanc

Reaksi	2NaCl	+ H ₂ SO ₄	+2C	+CaCO ₃	+H ₂ O	+CO ₂
Kmol	2	1	2	1	1	1
BM	58,4	98	12	100	18	44
Kg	116,8	98	24	100	18	44
Kg/Kg NaCl	1	0,839	0,205	0,856	0,154	0,377

Harga (Rp/kg)	7.22,262	3.611,300	7.994,9	9.50,00	-	1.200
---------------	----------	-----------	---------	---------	---	-------

Reaksi	→	2HCl	+2CO ₂	+ CaS	+ 2NaHCO ₃
Kmol		2	2	1	2
BM		36,5	44	72	84,01
Kg		73	88	72	168,02
Kg/Kg NaCl		0,625	0,753	0,616	1,439
Harga (Rp/kg)		1.500	1.200	1.667,144	6.000

$$\begin{aligned} \text{Gross Profit} &= \{(6.000 \times 1,439) + (6.667,144 \times 0,616) + (1200 \times 0,753) + (5.005 \times 0,625)\} - \{(7.22,262 + (3.611,300 \times 0,839) + (7.994,882 \times 0,205) + (9.50 \times 0,856) + (1.200 \times 0,377))\} \\ &= \text{Rp } 9.000,15/ \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel III.4 Gross Profit Proses Karbonasi

Reaksi	Na ₂ SiO ₃	+H ₂ O	+2CO ₂	+ CaCO ₃	→	2NaHCO ₃	+ SiO ₂	+ CaCO ₃
Kmol	1	1	2	1		2	1	1
BM	122	18	44	100		84,01	60	100
Kg	122	18	88	100		168,02	60	100
Kg/Kg Na ₂ SiO ₃	1	0,148	0,721	0,819		1,377	0,491	0,819
Harga (Rp/kg)	1.060,16	-	1.200	9.50,00		3.461,23	11.537	9.50,00

$$\begin{aligned} \text{Gross Profit} &= ((11.537 \times 0,491) + (3.461,23 \times 1,377) + (9.50,00 \times 0,819)) - ((1.060,16 \times 1) + (1.200 \times 0,721) + (9.50,00 \times 0,819)) \end{aligned}$$

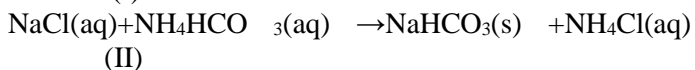
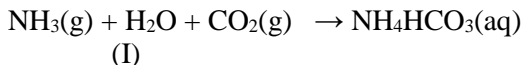
= Rp 10.308,505/kg

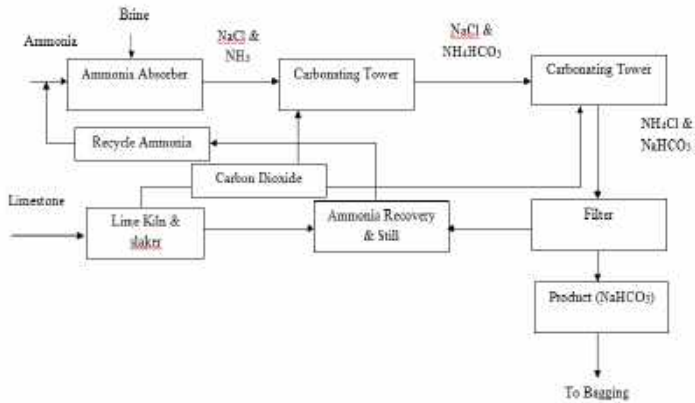
Jika dilihat dari Gross Profit diantara proses Solvay , Le blanc & Karbonasi maka di ambil profit terbesar yaitu proses Karbonasi dengan bahan baku *water glass*

III.2.1 Proses Ammonia-Soda (Solvay)

Proses Amonium-Soda sering juga disebut proses solvay. Proses solvay merupakan salah satu proses dalam pembuatan industri alkali *Sodium Carbonate* dan *Sodium Bicarbonate*. Dalam proses ini *Sodium Carbonate* ataupun *Sodium Bicarbonate* akan dihasilkan dari mereaksikan ammonia dengan larutan brine (NaCl) .Gas CO₂ di hasilkan dari Limestone (CaCO₃) .Proses solvay merupakan proses paling tua dan bahkan masih digunakan dalam pembuatan *Sodium Carbonate* dan *Sodium Bicarbonate*. Dalam proses ini, air laut atau air garam dimasukan ke dalam *ammonia absorber*. Aliran keluar *ammonia absorber* masuk ke dalam disemprotkan dari atas menara karbonasi, sedangkan amonia dan karbon dioksida dialirkan melalui bawah menara. Menara yang biasa di gunakan adalah menara *perforated plates* dan *rotaring blades*. Selama reaksi berlangsung, produk yang dihasilkan yaitu *sodium bicarbonate* akan mengalir ke arah samping menara, *rotaring scrubber* atau *blades* bergerak ke arah samping menara dan membawanya dengan *screw conveyor* lalu setelah itu keluar menuju *filter* untuk disaring impuriti dari produk *Sodium Bicarbonate*. Reaksi ini beroperasi pada tekanan 4 atm dan pada suhu 70 °C

Reaksi :





Gambar III.1 Flow Diagram Proses Solvay

Dalam proses ini dihasilkan produk samping berupa *Ammonium Chloride*. *Ammonium Chloride* ini dimurnikan dengan cara sublimasi *Sodium Bicarbonate* ini apabila diberi perlakuan pemanasan 200°C maka akan terbentuk menjadi *Sodium Carbonate*, air dan karbon dioksida.

III.2.2 Proses Le-Blanc

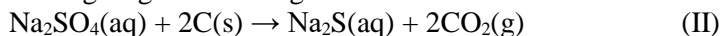
Proses Le Blanc merupakan proses tertua sebelum adanya proses solvay dan proses karbonasi / natural .Pada proses ini asam sulfat & garam dimasukkan ke dalam *salt cake furnace*

Reaksi yang terjadi dalam proses leblanc adalah sebagai berikut :

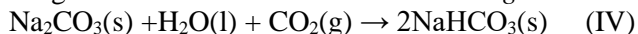
$$2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \quad (\text{I})$$

Pada awalnya gas HCl di buang ke udara, tetapi dengan adanya perkembangan industri ini, hal tersebut ternyata merupakan polusi yang membahayakan lingkungan , maka gas tersebut di absorb dan didapatkan larutan HCl.Selanjutnya Na_2SO_4 direaksikan dengan limestone dan dimasukkan ke dalam *reverbetory*

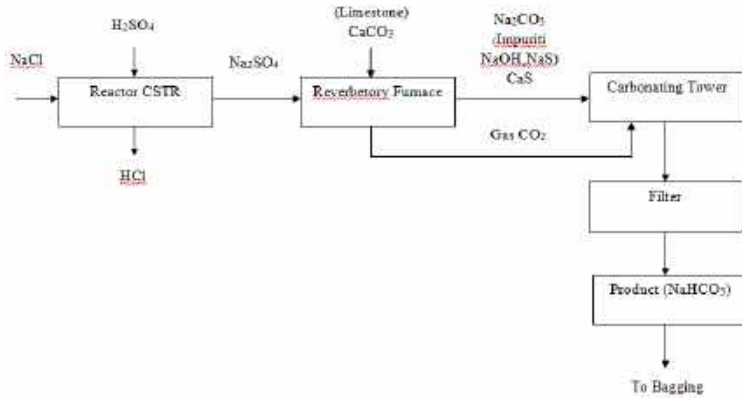
furnace, dikenal sebagai '*black ash furnace*'. Dalam furnace ini berlangsung reaksi sebagai berikut :



Produk berupa padatan berpori (*black ash*) ini dicuci dengan air pada temperatur rendah. Larutan yang dihasilkan banyak mengandung Na_2CO_3 , NaS , NaOH & banyak pengotor lainnya. Larutan tersebut kemudian dipancarkan ke menara secara *counter current* dengan gas dari "*black ash furnace*". Pada proses ini terjadi pemindahan sebagian hidrogen sulfide dan juga pengubahan natrium hidroksida, aluminat, silikat dan sianat menjadi Na_2CO_3 . Larutan Na_2CO_3 yang terbentuk direaksikan dengan H_2O dan CO_2 didalam *carbonating tower*



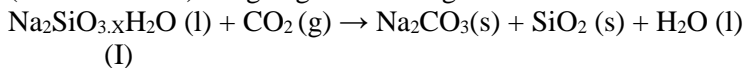
Dari uraian reaksi – reaksi yang terjadi pada proses Leblanc, kita bisa menyimpulkan bahwa proses leblanc tidak ramah lingkungan karena menghasilkan limbah HCl dan CO_2 , selain itu proses leblanc lebih sulit penanganannya karena menggunakan suhu tinggi dengan produk samping yang kurang bisa dipisahkan dari produk utama, sehingga produk akhir memiliki kadar pengotor (*impurities*) yang cukup tinggi sehingga tidak cocok sebagai baking soda untuk pembuatan makanan (Riski, 2010).



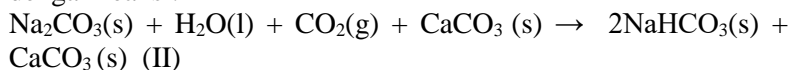
Gambar III.2 Flow Diagram Proses Le-blanc

III.2.3 Proses Karbonasi

Pada pembentukan *Sodium Bicarbonate* yang memerlukan reaksi antara larutan *Sodium Carbonate*, gas CO₂ dan H₂O. Pada beberapa jurnal & paten terdahulu, sumber *Sodium Carbonate* yang digunakan bersumber dari batuan trona yang telah di proses dengan cara di tambang dari alam dan dilarutkan ke dalam air, batu trona ini mengandung mineral berupa NaHCO₃, Na₂CO₃, NaCl, Na₂SO₄ dan mineral lainya namun kekurangan mengambil sumber dari batu trona adalah ketersediaannya di Negara Indonesia yang cukup jarang sehingga tidak bisa dijadikan bahan baku utama dalam proses karbonasi, juga menghasilkan produk *Sodium Bicarbonate* dengan impuriti mineral lain yang tinggi jika ingin mengambil bahan baku berupa *Sodium Carbonate* hal ini tidak sesuai dengan target pasar kami berupa Kristal *Sodium Bicarbonate* dengan grade farmasi. maka dari itu proses karbonasi *Sodium Carbonate* ini dihasilkan dari proses karbonasi water glass (Na₂SiO₃.xH₂O) dengan gas CO₂ dengan reaksi :

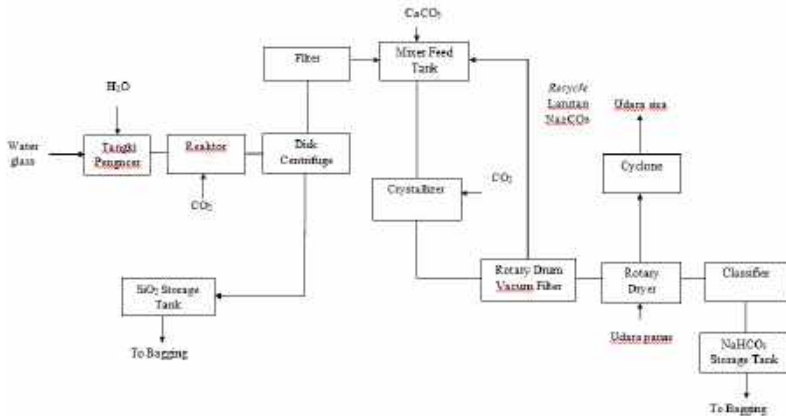


Water glass yang disimpan pada tangki penyimpanan & gas CO₂ di reaksikan di dalam *continous stirrer tank reactor* (CSTR) berupa reaktor isothermal pada suhu 70°C dengan tekanan 2 atm beroperasi secara kontinu, di dalam reaktor terjadi reaksi antara Na₂O dengan gas CO₂ yang akan membentuk senyawa Na₂CO₃, pada pH 8-9 dengan mempertimbangkan komposisi bahan baku berupa water glass agar didapatkan padatan SiO₂ yang akan dipisahkan pada tahap selanjutnya. Reaksi karbonasi water glass ini bersifat eksotermis yaitu reaksi melepaskan panas ke lingkungan sehingga diperlukan pengontrol suhu berupa jaket pendingin yang dapat mempertahankan suhu 70°C. Produk yang keluar berupa suspensi yaitu larutan Na₂CO₃ dan padatan SiO₂, suspensi yang selanjutnya akan masuk ke dalam *disk centrifuge* (H-120) dengan proses kontinu dengan kecepatan 5500 r/m . Silikon Dioksida akan terlempar menjauh dari alat *disk centrifuge* dan larutan *Sodium Carbonate* yang sudah terpisah dari padatan SiO₂ setelah itu akan masuk ke dalam *mixer feed tank* untuk ditambahkan zat aditif berupa kalsium karbonat (CaCO₃) hal ini menunjang target pemasaran *Sodium Bicarbonate* di pasaran sebagai grade farmasi & grade makanan. Larutan *Sodium Carbonate*, air dan gas CO₂ dengan reaksi:



Proses pembuatan *Sodium Bicarbonate* dilakukan dengan cara mereaksikan larutan *Sodium Carbonate*, air dan gas CO₂. Larutan *Sodium Carbonate* akan dimasukkan ke dalam *continous stirrer reactor tank crystallizer* bersama gas CO₂ secara *counter current* pada suhu 75°C dan tekanan 1,8 atm. Padatan kristal *Sodium Bicarbonate* yang terbentuk kemudian keluar dari dasar *crystallizer* yang selanjutnya akan dipisahkan pada alat *rotary drum vacum filter* untuk memisahkan *mother liquor* berupa larutan *Sodium Carbonate*. *Sodium Bicarbonate* berupa cake basah akan dimasukkan ke dalam *rotary dryer* untuk diturunkan kadar airnya menjadi 0,01%. Berdasarkan spesifikasi produk padatan *Sodium Bicarbonate* dengan jenis granular berukuran 120 mesh sehingga

dibutuhkan classifier untuk memisahkan produk sesuai ukuran spesifikasi yaitu 120 mesh, ukuran Kristal diatas dan dibawah 120 mesh akan masuk ke dalam *product off* setelah proses pemisahan produk Kristal *Sodium Bicarbonate* siap untuk dikemas dengan kapasitas per kemasan 25 kg. Pada proses ini menghasilkan produk samping berupa padatan SiO_2 yang bernilai jual tinggi di pasaran, dan limbah yang dihasilkan pun hampir tidak ada atau bisa dikatakan kadarnya sangat kecil.



Gambar III.3 Flow Diagram Proses Karbonasi

Dari uraian proses *Sodium Bicarbonate* yang telah dijelaskan diatas dan membandingkan ketiga proses tersebut, maka proses yang paling efisien dan efektif adalah pembuatan *Sodium Bicarbonate* dari *Sodium Carbonate* yang berasal dari proses karbonasi *Water Glass* dan gas CO_2 . Keuntungan dari proses ini antara lain :

1. Bahan baku tersedia di Indonesia dengan cadangan sumber *Sodium Siliconte* melimpah
2. Bahan baku pembantu lebih sedikit dibandingkan proses lainnya
3. Kemurnian produk yang diperoleh cukup tinggi

4. Investasi lebih ekonomis, dengan menggunakan instalasi sederhana
5. Limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.

III.3. Kondisi Bahan baku dan Produk

III.3.1 Kondisi Bahan Baku

1. *Water glass* ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)
Sumber : PT. Ajidharmamas Tritunggal Sakti
Fase : Cair (30°C, 1 atm)
Kemurnian : 99,99%
2. Gas CO_2
Sumber : PT. Samator Gas
Fase : Gas (30°C, 1 atm)
Kemurnian : 100%
3. Air (H_2O)
Sumber : Sungai & Danau Sekitar Pabrik
Fase : Cair (30°C, 1 atm)
Kemurnian : 100%

III.3.2 Kondisi Bahan Pembantu

1. *Calcium Carbonate* (CaCO_3)
Sumber : PT. Batu Gunung Multi Sarana
Fase : Padatan Serbuk (30°C, 1 atm)
Kemurnian : 100%

III.3.3 Kondisi Produk Intermediet

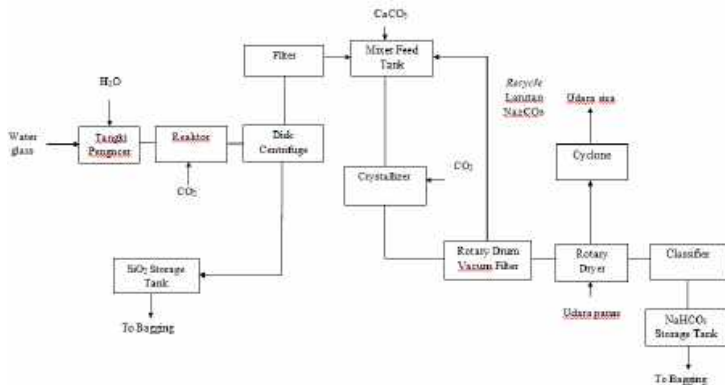
1. *Sodium Carbonate* (Na_2CO_3)
Fase : Larutan (30°C, 1 atm)
Kemurnian : 99%
Impuritas (Silikon Dioksida) : < 0,1%

2. Silikon Dioksida (SiO_2)
 Fase : Padatan Serbuk (30°C , 1 atm)
 Warna : Putih
 Kemurnian : 99%
 Impuritas (*Sodium Carbonate*): $< 0,1\%$

III.3.4 Kondisi Produk Utama

1. *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3)
 Fase : Padatan Kristal (30°C , 1 atm)
 Warna : Putih Bening
 Kemurnian: 99%
 Impuritas: $< 0,1\%$

III.4. Uraian Proses



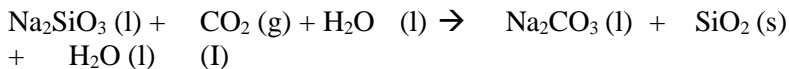
Gambar III.4 Flow Diagram Proses Karbonasi Water glass

III.4.1. Konsep Proses

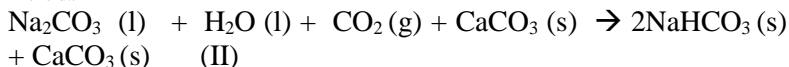
III.4.1.1 Dasar Proses

Reaksi pembuatan *Sodium Bicarbonate* yaitu reaksi antara larutan *Sodium Carbonate* yang dihasilkan dari karbonasi water glass dengan gas CO_2 sehingga menghasilkan *Sodium Bicarbonate*.

Reaksi :



Water glass *Karbon Dioksida* *Air* *Sodium Carbonate* *Silikon*
Dioksida *Air*

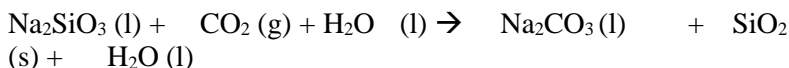


Sodium Carbonate *Air* *Karbon Dioksida* *Calcium Carbonate* *Sodium Bicarbonate* *Calcium Carbonate*

Reaksi yang terjadi adalah eksotermis pada reaksi I karbonasi water glass & reaksi II karbonasi larutan Sodium Carbonate bersifat *reversible*.

III.4.2.1 Kondisi Operasi

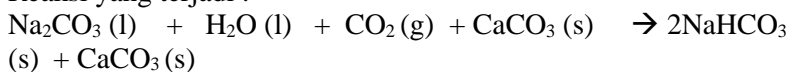
Menurut Shieve 1956 Reaksi karbonasi water glass bersifat eksotermis pada suhu 70°C dengan tekanan 2 atm di dalam Reaktor CSTR.



Water glass *Karbon Dioksida* *Air* *Sodium Carbonate* *Silikon*
Dioksida *Air*

Pada proses pembuatan *Sodium Bicarbonate* dari larutan *Sodium Carbonate* dan gas CO₂ direaksikan dalam *continous stirrer tank reactor crystallizer* dengan suhu 60-80°C dan pada tekanan 1,8 atm, suhu optimum membentuk serbuk padatan *Sodium Bicarbonate* dengan luas area yang optimum pada suhu 75°C. Reaksi berlangsung secara eksotermis, sehingga membutuhkan pendingin. Pembuatan *Sodium Bicarbonate* ini memiliki konversi keseluruhan 98%.

Reaksi yang terjadi :



Sodium Carbonate *Air* *Karbon Dioksida* *Calcium Carbonate* *Sodium Bicarbonate*
Calcium Carbonate

Padatan *Sodium Bicarbonate* yang terbentuk kemudian akan dikeluarkan dari dasar reaktor, disaring di dalam suatu *rotary drum vacuum filter*. Sodium Bicarbonate berupa *cake* basah akan dikeringkan di dalam *rotary dryer*. *Sodium Bicarbonate* yang dibuat dengan proses ini mempunyai kemurnian Kristal 99,9%.

Menurut Analisa Sieve kandungan ion Ca^+ dapat mempengaruhi bulk densitas dan ukuran dari padatan *Sodium Bicarbonate* dengan kondisi operasi tertentu juga dari sifat kimia NaHCO_3 , ion Ca^+ dapat mengatur pH Kristal NaHCO_3 menjadi 7-8 (Netral) sebagai spesifikasi grade farmasi. Berikut hasil analisa Sieve ditunjukkan pada tabel :

Tabel III.5 Analisa Sieve Terhadap Ukuran Padatan & Bulk Densitas *Sodium Bicarbonate*

CO ₂ (Feed Rate Standard Cubic Mere Per minute)	Crystallizer	
	Temperature	Pressure (Psig)
.255	75	8 (1.6 kg/sq cm)

Sodium Bicarbonate Product							
Ca ⁺⁺ ion Content ppm*	Sieve Analysis						Bulk Density kg/m ³
	+80 %	+100 %	+140 %	+20 0 %	+325 %	Pan %	
50	16	11	24	22	16	11	977

CO ₂ Feed Rate Standard Cubic Metre per Minute	Crystallizer	
	Temp.°C	Pressure Psig

.255	75	10 (1.7 kg/sq cm)
.255	75	10 (1.7 kg/sq cm)
.255	75	10 (1.7 kg/sq cm)

Sodium Bicarbonate Product							
Ca ⁺⁺ ion Content ppm*	Sieve Analysis						Bulk Density kg/m ³
	+80 %	+100 %	+140 %	+200 %	+325 %	Pan %	
120	32	15	25	14	9	5	1025
65	14	12	28	22	14	10	1009
45	9	9	27	25	17	13	896

CO ₂ Feed Rate Standard Cubic Metre per Minute	Crystallizer	
	Temp.°C	Pressure Psig
.255	80	12 (1.9 kg/sq cm)
.255	75	12 (1.9 kg/sq cm)
.255	65	12 (1.9 kg/sq cm)

Sodium Bicarbonate Product							
Ca ⁺⁺ ion Content ppm*	Sieve Analysis						Bulk Density kg/m ³
	+80 %	+100 %	+140 %	+200 %	+325 %	Pan %	
70	26	17	31	15	7	4	1041

65	20	12	26	20	13	9	977
55	2	3	18	26	26	25	864

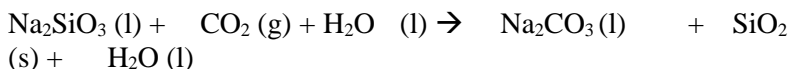
(Sieve, 1956)

III.4.3.1 Tinjauan Termodinamika

Menurut Perry, untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermis, maka perlu pembuktian dengan menggunakan panas reaksi (ΔH) pada reaksi 2 atm. Panas reaksi (ΔH) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

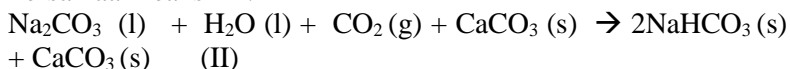
$$\Delta H^{\circ} = \Sigma \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Sigma \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}}$$

Persamaan reaksi I :



Water glass Karbon Dioksida Air *Sodium Carbonate* Silikon
Dioksida Air

Persamaan reaksi II :



Sodium Carbonate Air Karbon Dioksida *Calcium Carbonate* *Sodium Bicarbonate* *Calcium Carbonate*

Data-data harga ΔH°_f untuk masing-masing komponen pada 298,15°K

Adalah :

$$\Delta H^{\circ}_f \text{Na}_2\text{SiO}_3 = -1554900 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O} = -285800 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{CO}_2 = -393500 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{Na}_2\text{CO}_3 = -1130700 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{NaHCO}_3 = -950800 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{CaCO}_3 = -1207100 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{SiO}_2 = -91900 \text{ kJ/kmol}$$

Jika $\Delta H = (-)$ maka reaksi bersifat eksotermis

Jika $\Delta H = (+)$ maka reaksi bersifat endotermis

$$\Delta H^{\circ} \text{reaksi I} = \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan} \quad (\text{Appendiks B})$$

$$\begin{aligned}
&= -284.170.430,08 \text{ kJ} - (-282437265,5) \text{ kJ} \\
&= -1.733.164,55 \text{ kJ} \\
\Delta H^{\circ} \text{reaksi II} &= \sum \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \sum \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \text{ (Appendiks B)} \\
&= -104.599.957,87 \text{ kJ} - (-103.056.662) \text{ kJ} \\
&= -1.543.295.295,87 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

Menurut Yaws,1999, dari harga ΔH negatif dapat disimpulkan bahwa reaksi ini adalah eksotermis (melepas panas). Untuk mengetahui reaksi pembuatan *Sodium Bicarbonate* termasuk reaksi *reversible* atau *irreversible*, maka harus dihitung harga tetapan kesetimbangan (K) Diketahui data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ}_{f \text{ Na}_2\text{SiO}_3} &= -1461000 \text{ kJ/kmol} \\
\Delta G^{\circ}_{f \text{ H}_2\text{O}} &= -237200 \text{ kJ/kmol} \\
\Delta G^{\circ}_{f \text{ CO}_2} &= -394400 \text{ kJ/kmol} \\
\Delta G^{\circ}_{f \text{ Na}_2\text{CO}_3} &= -1044500 \text{ kJ/kmol} \\
\Delta G^{\circ}_{f \text{ NaHCO}_3} &= -851000 \text{ kJ/kmol} \\
\Delta G^{\circ}_{f \text{ CaCO}_3} &= -1127800 \text{ kJ/kmol} \\
\Delta G^{\circ}_{f \text{ SiO}_2} &= -856700 \text{ kJ/kmol}
\end{aligned}$$

Perubahan energy Gibbs reaksi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi I}} &= \sum \Delta G^{\circ}_{f \text{ produk}} - \sum \Delta G^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \\
&= ((-1044500)+(-856700))+(-237200))-((-1461000)+(-394400))+(-237200)) \\
&= -45800 \text{ kJ/kmol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi I}} &= -RT \ln K \\
\ln K &= \frac{\Delta G}{-RT} = \frac{-45800 \text{ kJ/kmol}}{-8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \text{K} \times 298.15 \text{ K}} \\
&= 118.476
\end{aligned}$$

$$K = 1.057 \times 10^{18}$$

$$K1 = 9.360 \times 10^{16}$$

Untuk harga tetapan kesetimbangan pada $T = 343,15 \text{ K}$

$$\begin{aligned}
\ln\left(\frac{K}{K1}\right) &= \frac{\Delta H^{\circ}}{-R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T1}\right) \\
K_{\text{reaksi}} &= 11.29 \times 10^{-11}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas tampak bahwa harga K sangat kecil, sehingga reaksi II yang terjadi merupakan reaksi *irreversible*.

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi 2}} &= \Sigma \Delta G^{\circ}_{\text{f produk}} - \Sigma \Delta G^{\circ}_{\text{f reaktan}} \\ &= ((-1044500)+(-394400))+(-237200)+(- \\ 1127800)) - ((-851000)+ (- & 1127800)) \\ &= - 56000 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ}_{\text{reaksi 1}} &= -RT \ln K \\ \ln K &= \frac{\Delta G}{-RT} = \frac{-45800 \text{ kJ/kmol}}{-8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \times 298.15 \text{ K}} \\ &= 9.466 \\ K &= 2.566 \times 10^{-2} \\ K1 &= 1.145 \times 10^{-1}\end{aligned}$$

Untuk harga tetapan kesetimbangan pada $T = 348,15 \text{ K}$

$$\begin{aligned}\ln\left(\frac{K}{K1}\right) &= \frac{\Delta H^{\circ}}{-R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T1}\right) \\ K_{\text{reaksi}} &= 4.77 \times 10^{-12}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas tampak bahwa harga K sangat kecil, sehingga reaksi II yang terjadi merupakan reaksi *reversible*.

III.4.2. Tahapan Proses

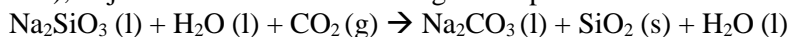
Secara garis besar, langkah proses pembuatan *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dapat dibagi menjadi 3 proses utama :

1. Proses Karbonasi *Water Glass*
2. Proses Kristalisasi *Sodium Bicarbonate*
3. Proses Pengeringan & Pemisahan

1. Proses Karbonasi *Water Glass*

Bahan baku berupa water glass dengan konsentrasi 27,7% SiO_2 di suplai dari PT. Ajidharmamas Tritunggal Sakti yang berlokasi di Bojong Nangka Kec. Gunung putri, Bogor, Jawa Barat. Water glass dimasukan ke dalam *Water Glass Mixing Tank* (M-111) pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm untuk di lakukan pengenceran oleh H_2O terhadap water glass menjadi 1 mol karena pada kadar 27,7% water glass terlalu kental untuk di reaksi dengan gas CO_2 di dalam reaktor 1 (R-110) sehingga akan mengakibatkan terjadi agglomerat di dalam reaktor sebelum bereaksi. setelah dilakukan pengenceran maka feed di alirkan ke

dalam *Continous Stirrer Tank Reactor* 1 (R-110) oleh *Water Glass Feed Pump* (L-112) bertipe pompa sentrifugal dengan tekanan *output* 2 atm dan dinaikan suhunya dengan *Water Glass Heater* (E-113) dari suhu 30°C menjadi 70°C dimana fluida dingin masuk melalui bagian *shell* dan fluida panas masuk melalui bagian *tube* dengan media pemanas berupa *saturated steam*. Setelah dipanaskan, water glass akan masuk ke dalam reaktor 1 (R-110) dengan tipe *continous stirrer tank reactor* (CSTR), di dalam reaktor CSTR water glass di kontak dengan gas CO₂ dengan suhu 30°C dengan tekanan 1 atm yang disuplai dari PT. Samator Gas yang berlokasi Cileunyi, Bogor, Jawa Barat. Gas CO₂ disimpan di *CO₂ Feed Storage Tank* (F-114) lalu dikompresi menggunakan *CO₂ Feed Compressor* (G-115) untuk mencapai tekanan 2 atm, dengan tipe kompresor *centrifugal* setelah itu dipanaskan menggunakan *CO₂ Heater* (E-117) untuk menaikkan suhu dari 30°C menjadi 70°C dengan media *saturated steam* dari sistem utiliti dimana fluida panas akan masuk ke dalam bagian *tube* dan fluida dingin akan masuk ke dalam bagian *shell*. Di dalam reaktor 1 (R-110), terjadi reaksi karbonasi water glass seperti berikut :



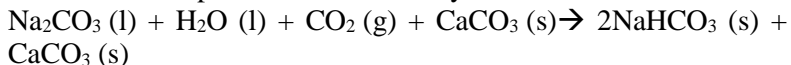
Reaksi ini terjadi karena afinitas CO₂ yang tinggi terhadap Na₂O membentuk produk Natrium Karbonat (Na₂CO₃) sedangkan SiO₂ terpisah dan membentuk padatan-padatan Silikon Dioksida (SiO₂) dengan pH 8-9 (basa). Reaksi karbonasi water glass terjadi pada suhu 70°C dengan tekanan 2 atm bersifat eksotermis sehingga dibutuhkan *cooling jacket* pada reaktor pada saat terjadi reaksi untuk menjaga suhu agar tetap 70°C dengan media air pendingin. Selain itu, Reaktor 1 (R-110) dilengkapi dengan ekspansi *valve* untuk mengontrol tekanan di dalam reaktor 1 (R-110) agar tetap 2 atm dan mengatur jika ada kelebihan gas CO₂ lalu akan dibuang ke atmosfer. Produk yang keluar dari Reaktor 1 (R-110) berupa suspensi dengan suhu 70°C pada tekanan 1 atm. Suspensi masuk ke dalam *disk centrifuge* (H-120) dengan menggunakan *Feed Pump* (L-121) bertipe *rotary pump* karena pompa ini layak digunakan untuk liquid dengan padatan didalamnya (suspensi) dan

memiliki laju alir yang besar, di dalam *disk centrifuge* (H-120) larutan *Sodium Carbonate* dengan padatan Silikon Dioksida dipisahkan dengan kecepatan 5500 rpm, Silikon Dioksida memiliki kelarutan sangat kecil dalam air (0,0079 gr/100 gr H₂O) sedangkan kelarutan *Sodium Carbonate* sekitar 347 gr/ 100 gr H₂O nilai ini cukup besar jika dibanding dengan kelarutan Silikon Dioksida, sehingga pemisahan dapat dengan mudah terjadi. Padatan Silikon Dioksida akan terlempar menjauh kebawah keluar dari alat *disk centrifuge* (H-120). Padatan Silikon Dioksida keluar menuju *screw conveyor* (J-123) lalu disimpan sebagai produk samping pada tangki produk Silikon Dioksida. Filtrat berupa larutan *Sodium Carbonate* pada bagian sedikit impuriti padatan Silikon Dioksida akan masuk ke dalam *Silicon Catridge Filter* (H-124), pada filter ini *catridge* yang digunakan berukuran mikro- nano (menjaga impuriti Silikon Dioksida dibawah 0,01 ppm) karena di harapkan partikel Silikon Dioksida yang berukuran sangat kecil dapat tersaring maksimal, dilihat pentingnya proses ini untuk memurnikan bahan baku berupa larutan *Sodium Carbonate*, kemurnian bahan baku akan mempengaruhi sifat fisik & kimia produk berupa *Sodium Bicarbonate* yang dihasilkan semakin murni bahan baku larutan *Sodium Carbonate* yang dihasilkan maka Padatan *Sodium Bicarbonate* yang dihasilkan akan semakin bagus. Larutan *Sodium Carbonate* dipompakan dengan *Liquor Pump* (L-122) dengan tipe pompa sentrifugal masuk ke dalam *Mixer feed tank* (M-211). Selanjutnya akan masuk ke dalam proses kristalisasi *Sodium Bicarbonate*.

2. Proses Kristalisasi *Sodium Bicarbonate*

Larutan *Sodium Carbonate* yang keluar dari *Silicon Catridge Filter* (H-124) masuk ke dalam *Evaporator* (V-125) untuk dilakukan pemekatan larutan *Sodium Carbonate* dari konsentrasi larutan *Sodium Carbonate* 8% ke 67%, hal ini dilakukan guna meningkatkan yield pada produk pada tahap akhir. Liquid yang keluar dari *Evaporator* (V-125) akan di pompa dengan *Evaporator Pump* (L-126) menuju *Mixer feed tank* (M-211), suhu

yang keluar dari *Evaporator* (V-125) masih di atas titik didih air sehingga diperlukan *Sodium Carbonate Cooler* (E-128) untuk menurunkan suhu sampai 75°C, setelah itu masuk ke dalam *Mixer feed tank* (M-211). Di dalam *Mixer feed tank* (M-211) ini akan di tambahkan zat aditif berupa powder *limestone* dengan grade farmasi (CaCO₃) sekitar 50-100 ppm, 2 senyawa ini di *adjust* sesuai dengan komposisi dari aliran *recycle rotary vacuum filter* (R-310) berupa larutan *Sodium Carbonate* yang belum bereaksi (aliran *recycle*) dan larutan *feed Sodium Carbonate*. powder CaCO₃ ditambahkan sebagai *back-up* ion Ca⁺ di dalam produk padatan NaHCO₃ yang akan dihasilkan sebagai spesifikasi dari grade farmasi, hal ini juga dilakukan agar mendapatkan produk *bulk density* dan ukuran padatan yang diharapkan (menurut analisa sieve). Powder limestone (CaCO₃) di supplai dari PT. Batu Gunung Multi Sarana Di daerah Rengasjajar, Cigedug Bogor Jawa Barat. Pada *Mixer feed tank* (M-211) . Feed yang keluar dari *Mixer feed tank* (M-211) akan dipompakan ke dalam *CSTR Crystallizer* (X-210) menggunakan *Sodium Carbonate Pump* (L-212) bertipe pompa sentrifugal hingga tekanan mencapai 2 atm masuk melalui sisi samping atas *CSTR Crystallizer* (X-210). Gas CO₂ diumpankan pada tekanan 2 atm dan suhu 75°C secara co-current terhadap larutan *Sodium Carbonate* ke dalam *CSTR Crystallizer* (X-210), dimana gas CO₂ sebelumnya dilewatkan *CO₂ feed compresor* (G-115) untuk dinaikan tekanan nya mencapai 2 atm dan di naikan suhu nya dengan *CO₂ heater* (E-214) suhu masuk 36,57°C keluar 75°C. Di dalam *CSTR Crystallizer* (X-210) terjadi reaksi antara larutan *Sodium Carbonate* (Na₂CO₃) dan gas CO₂ membentuk presipitat *Sodium Bicarbonate* (NaHCO₃) di dalam larutan *Sodium Carbonate*. Adapun reaksi setelah recycle 100% :



Reaksi berlangsung secara eksotermis yaitu melepaskan panas ke lingkungan sehingga diperlukan *Cooling Jacket* agar suhu dalam reaktor tetap terjaga 75°C. media pendingin reaktor menggunakan *cooling water* dari sistem utiliti. Produk yang diperoleh dari reaktor

yaitu presipitat berupa padatan Kristal *Sodium Bicarbonate* di dalam pelarut berupa larutan Na_2CO_3 yang belum bereaksi dan gas CO_2 sisa. Larutan Na_2CO_3 yang belum bereaksi dari *CSTR Crystallizer* (X-210) tersebut akan digunakan kembali sebagai umpan *mixer feed tank* (M-211) berupa aliran *recycle* sedangkan gas CO_2 sisa akan hilang keluar sistem (atmosfer) karena proses terbuka pada filtrasi. Produk yang keluar dari *CSTR Crystallizer* (X-210) berupa padatan Kristal *Sodium Bicarbonate* dengan suhu 75°C bertekanan 1 atm yang kemudian diumpankan ke tahap pengeringan & pemisahan.

3. Tahap Pengeringan & Pemisahan

Aliran yang keluar dari *CSTR Crystallizer* (X-210) berupa suspensi padatan kristal *Sodium Bicarbonate*, produk yang keluar dari *CSTR Crystallizer* (X-210) diumpankan ke *Rotary Drum Vacuum Filter* (H-310) dengan menggunakan *Crystall Pump* (L-215) bertipe pompa *rotary* untuk dipisahkan dari larutan induknya (filtrat) pada suhu 75°C dengan tekanan 1 atm, filtrat berupa larutan *Sodium Carbonate* akan dipompakan ke dalam *CSTR Crystallizer* (X-210) kembali dengan menggunakan *recycle pump* (L-313) bertipe pompa sentrifugal. Prinsip dari alat *rotary vacuum filter* (H-310), Padatan *Sodium Bicarbonate* yang ada di dalam larutan *Sodium Carbonate* dipisahkan dengan filter yang hanya bisa dilewati oleh larutan *Sodium Carbonate* dan gas CO_2 , dalam hal ini keadaan vakum diperlukan untuk mengakumulasi padatan *Sodium Bicarbonate* di permukaan (cairan tertarik melewati filter cloth karena tekanan vakum sedangkan padatan tertinggal di permukaan luar drum membentuk cake). *Cake* berupa padatan *Sodium Bicarbonate* keluar filter yang masih mengandung 1% *moisture* berupa air. Setelah itu *cake* berupa padatan Kristal NaHCO_3 diangkut dengan *Belt Conveyor 1* (J-313) kemudian masuk ke dalam *Rotary Dryer* (B-320) melalui hoper dan dikeringkan di dalam *Rotary Dryer* (B-320) dengan menggunakan udara yang di panaskan dalam burner pada suhu 140°C dimana udara dihisap oleh *Blower* (G-321) dari atmosfer. Padatan kristal *Sodium Bicarbonate*

akan keluar dari bagian bawah *Rotary Dryer* (B-320) sedangkan udara akan keluar dari *Rotary Dryer* (B-320) melalui *Cyclone* (H-322), padatan kristal *Sodium Bicarbonate* yang terbawa oleh udara akan jatuh kembali dan setelah itu masuk ke dalam *classifier* (X-324) bertipe vibrating screener dibawa oleh *Belt conveyer* 2(J-323). Padatan kristal *Sodium Bicarbonate* yang sesuai spesifikasi (Ukuran 120 mesh) akan masuk ke dalam produk *on spec* dan yang membentuk agglomerat atau dibawah spesifikasi akan dipisahkan untuk produk *off spec* lalu masuk ke dalam *off product* sedangkan *Sodium Bicarbonate* yang telah ditampung di *hopper* (*on spec*) akan masuk ke tahap bagging.

BAB IV

NERACA MASSA & ENERGI

IV.I Neraca Massa

Kapasitas	=	20000	ton Sodium Bicarbonate/tahun
	=	66,6666667	ton Sodium Bicarbonate/hari
	=	66666,6667	kg Sodium Bicarbonate/hari
	=	2777,77778	\approx 2780 kg
		300	hari/tahun; 24
Operasi	=	jam/hari	
Satuan massa	=	kg	
Basis			
perhitungan	=	1 jam operasi	

Dalam pengerjaan Pra-Desain Pabrik *Sodium Bicarbonate* ini dihitung dengan menggunakan persamaan neraca massa (*material balance*) dengan rumus sebagai berikut:

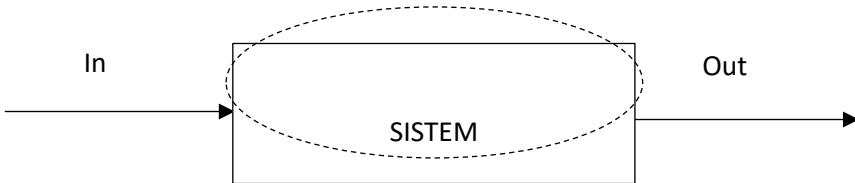
$$Accumulation = In - Out + Generation - Consumption \quad (1)$$

Dengan anggapan *steady state*, maka *Accumulation* = 0 sehingga

$$0 = In - Out + Generation - Consumption \quad (2)$$

$$Out + Consumption = In + Generation \quad (3)$$

Dibawah ini adalah perhitungan neraca massa untuk masing-masing alat Sistematika perhitungan neraca massa setiap sistem adalah sebagai berikut :



Gambar IV.1 Analogi sistem yang digunakan untuk perhitungan neraca massa

Tabel IV.1 Komposisi Water Glass

Komponen	%	Fraksi Massa	Massa
SiO ₂	27,7	0,277	1924,40625
Na ₂ O	8,6	0,08602484	597,641693
H ₂ O		0,63697516	4425,26705
Total		1	6947,31499

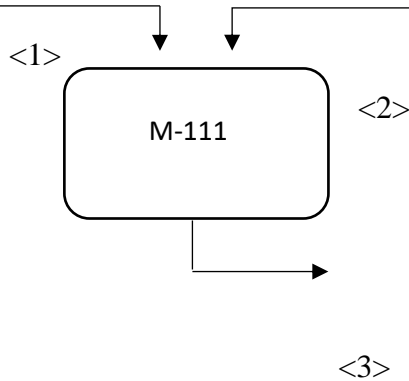
(Sources : PT. AjiDharma Mas Tri Tunggal)

Tabel IV.2 Komposisi Gas CO₂

Komponen	BM	Fraksi Massa	Massa
CO ₂	44	1	2097,838
Total		1	2097,838

1. Water Glass Mixing Tank (M-111)

Fungsi : Mengencerkan Water Glass sebelum dimasukkan



Keterangan :

Aliran <1> = Aliran Water Glass 27,7% SiO₂

Aliran <2> = Aliran H₂O (air)

Aliran <3> = Aliran Water Glass 1% mol

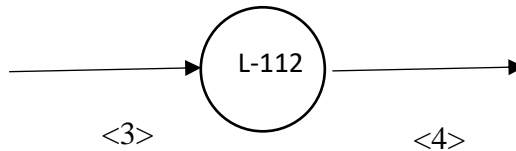
Tabel IV.3 Neraca massa waterglass mixing tank (M-111)

Komponen	B M	In				Out	
		<1>		<2>		<3>	
		X1	M1	X2	M2	X3	M3
Na ₂ SiO ₃	12 2	0,363 025	2522, 048	0	0	0,074 207	2522, 048
CO ₂	44	0	0	0	0	0	0

Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0	0	0
SiO ₂	60	0	0	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,636975	4425,267	1	27039,15	0,925793	31464,42
CaCO ₃	100	0	0	0	0	0	0
Total		1	6947,315	1	27039,15	1	33986,47
		33986,46631				33986,46631	

2. Water Glass Feed Pump (L-112)

Fungsi : Memompa dan menaikkan tekanan feed



Keterangan :

Aliran <3> = Aliran Water Glass masuk pompa

Aliran <4> = Aliran Water Glass keluar pompa

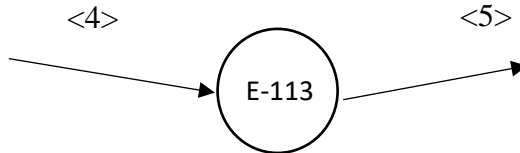
Tabel IV.4 Neraca massa waterglass feed pump (L-112)

Komponen	BM	In		Out	
		<3>		<4>	
		X3	M3	X4	M4
Na ₂ SiO ₃	122	0,074207	2522,048	0,074207	2522,048

CO ₂	44	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0
SiO ₂	60	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,925793	31464,42	0,925793	31464,42
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	33986,47	1	33986,47
		33986,46631		33986,46631	

3. *Waterglass Heater (E-113)*

Fungsi : Memanaskan Waterglass hingga suhu operasi pada reaktor (R-110)



Keterangan :

Aliran <4> = Aliran Water Glass masuk Water Glass Heater

Aliran <5> = Aliran Water Glass keluar Water Glass Heater

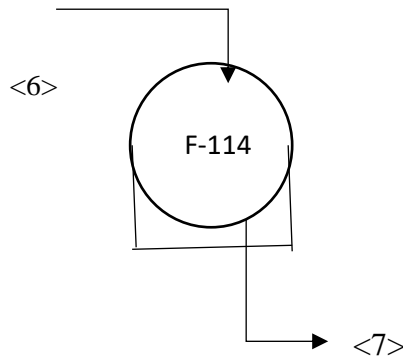
Tabel IV.5 Neraca massa *waterglass heater* (E-113)

Komponen	BM	In		Out	
		<4>		<5>	
		X4	M4	X5	M5
Na ₂ SiO ₃	122	0,074207	2522,048	0,074207	2522,048
CO ₂	44	0	0	0	0

Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0
SiO ₂	60	0	0	0	0
NaHCO ₃	847	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,925793	31464,42	0,925793	31464,42
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	33986,47	1	33986,47
		33986,46631		33986,46631	

4. CO₂ Feed Storage Tank (F-114)

Fungsi : Menampung gas CO₂ Feed yang akan dimasukkan ke reaktor (R-110)



Keterangan :

Aliran <6> = Aliran masuk gas CO₂ ke dalam CO₂ Storage Tank

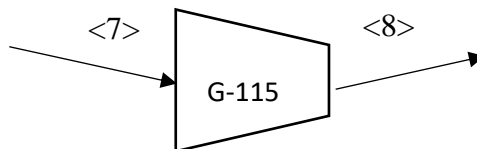
Aliran <7> = Aliran keluar gas CO₂ dari CO₂ Storage Tank

Tabel IV.6 Neraca massa CO_2 feed storage tank (F-114)

Komponen	BM	In		Out	
		<6>		<7>	
		X6	M6	X7	M7
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0
CO_2	44	1	2097,84	1	2097,84
Na_2CO_3	106	0	0	0	0
SiO_2	60	0	0	0	0
$NaHCO_3$	84	0	0	0	0
H_2O	18	0	0	0	0
$CaCO_3$	100	0	0	0	0
Total		1	2097,838	1	2097,838
		2097,838227		2097,838227	

5. CO_2 Feed Compressor (G-115)

Fungsi : Mengalirkan CO_2 dan mengompresi tekanannya.



Keterangan :

Aliran <7> = Aliran gas CO_2 masuk CO_2 Compressor

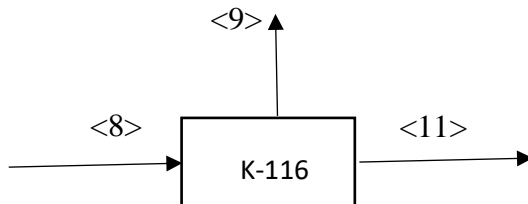
Aliran <8> = Aliran gas CO_2 keluar dari CO_2 Compressor

Tabel IV.7 Neraca massa CO_2 feed compressor (G-115)

Komponen	BM	In		Out	
		<7>		<8>	
		X7	M7	X8	M8
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0
CO_2	44	1	2097,838	1	2097,838
Na_2CO_3	106	0	0	0	0
SiO_2	60	0	0	0	0
$NaHCO_3$	84	0	0	0	0
H_2O	18	0	0	0	0
$CaCO_3$	100	0	0	0	0
Total		1	2097,838	1	2097,838
		2097,838227		2097,838227	

6. Globe Valve 3-Way I (K-116)

Fungsi : Membagi aliran gas CO_2 untuk aliran <9> dan <11>



Keterangan :

Aliran <8> = Aliran gas CO_2 keluar dari CO_2 Compressor

Aliran <9> = Aliran gas CO_2 keluar dari 3 ways Valve

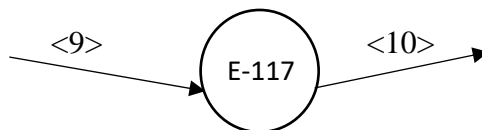
Aliran <11> = Aliran gas CO₂ keluar dari 3 ways Valve

Tabel IV.8 Neraca massa Globe valve 3-way I (K-116)

Komponen	BM	In		Out			
		<8>		<9>		<11>	
		X8	M8	X9	M9	X11	M11
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0	0	0
CO ₂	44	1	2097,838	1	1205,71	1	892,1306
Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0	0	0
SiO ₂	60	0	0	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0	0	0	0	0	0
CaCO ₃	100	0	0	0	0	0	0
Total		1	2097,838	1	1205,708	1	892,1306
		2097,838227		2097,838227			

7. CO₂ Heater (E-117)

Fungsi : Memanaskan CO₂ hingga suhu operasi reaktor 1(R-110)



Keterangan :

Aliran <9> = Aliran masuk CO₂ Heater

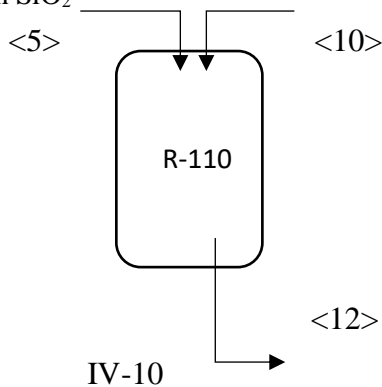
Aliran <10> = Aliran keluar CO₂ Heater

Tabel IV.9 Neraca massa CO₂ heater (E-117)

Komponen	BM	In		Out	
		<9>		<10>	
		X9	M9	X10	M10
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	1	1205,71	1	1205,708
Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0
SiO ₂	60	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0	0	0	0
	100	0	0	0	0
Total		1	1205,708	1	1205,708
		1205,707626		1205,707626	

8. Continuous Stirrer Tank Reactor (CSTR) (R-110)

Fungsi : Mereaksikan *Waterglass* dengan CO₂ agar menjadi Larutan Na₂CO₃ dan Padatan SiO₂



Keterangan :

Aliran <5> = Aliran bahan baku *Water glass* keluar dari Water glass Heater

Aliran <10> = Aliran bahan baku Gas CO₂ keluar dari CO₂ Heater

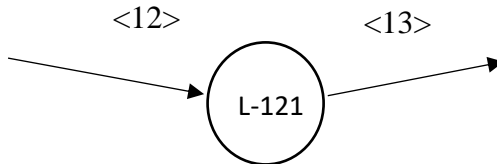
Aliran <12> = Aliran Produk yang keluar dari CSTR berupa Suspensi

Tabel IV.10 Neraca massa continuous stirrer tank reactor (R-110)

Komponen	B M	In				Out	
		<5>		<10>		<12>	
		X5	M5	X1 0	M10	X12	M12
Na ₂ SiO ₃	12 2	0,0742 07	2522,0 48	0 0	0 0	0,0003 29	11,593 41
CO ₂	44	0	0	1	1205,7 08	0,0026 75	94,141 54
Na ₂ CO ₃	10 6	0	0	0	0	0,0763 8	2687,9 63
SiO ₂	60	0	0	0	0	0,0394 63	1388,7 96
NaHCO ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,9257 93	31464, 42	0	0	0,8811 53	31009, 68
CaCO ₃	10 0	0	0	0	0	0	0
Total		1	33986, 47	1	1205,7 08	1	35192, 2
		35192,17				35192,17	

9. Feed Pump (L-121)

Fungsi : Mengalirkan larutan Na_2CO_3 dan campuran SiO_2 ke dalam *Centrifuge* (H-120)



Keterangan :

Aliran <12> = Aliran Larutan Na_2CO_3 masuk pompa

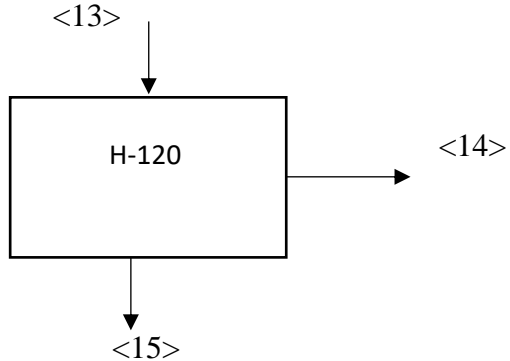
Aliran <13> = Aliran Larutan Na_2CO_3 keluar pompa

Tabel IV.11 Neraca massa feed pump (L-121)

Komposisi	BM	In		Out	
		<12>		<13>	
		X12	M12	X13	M13
Na_2SiO_3	122	0,000329	11,59341	0,000329	11,59341
CO_2	44	0,002675	94,14154	0,002675	94,14154
Na_2CO_3	106	0,07638	2687,963	0,07638	2687,963
SiO_2	60	0,039463	1388,796	0,039463	1388,8
NaHCO_3	84	0	0	0	0
H_2O	18	0,881153	31009,68	0,881153	31009,68
CaCO_3	100	0	0	0	0
Total		1	35192,17	1	35192,17
		35192,174		35192,174	

10. Disk Centrifuge (H-120)

Fungsi : Memisahkan larutan Na_2CO_3 dengan padatan SiO_2



Keterangan :

Aliran <13> = Aliran masuk disk centrifuge

Aliran <14> = Aliran keluar disk centrifuge berupa mother liquor (larutan Na_2CO_3)

Aliran <15> = Aliran keluar disk centrifuge berupa padatan SiO_2

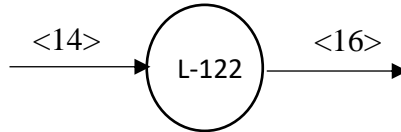
Tabel IV.12 Neraca massa Disk centrifuge (H-120)

Komposisi	B M	In		Out			
		<13>		<14>		<15>	
		X13	M13	X14	M14	X15	M15
Na_2SiO_3	122	0,000 329	11,59 341	0,000 343	11,59 225	8,33 E-07	0,001 159
CO_2	44	0,002 675	94,14 154	0,002 785	94,14 154	0	0
Na_2CO_3	106	0,076 38	2687, 963	0,079 517	2687, 69	0,000 193	0,268 796

SiO ₂	60	0,039 463	1388, 796	4,11 E-06	0,139	0,997 578	1388, 657
NaHC O ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,881 153	3100 9,68	0,917 35	3100 7	0,002 228	3,100 968
CaCO 3	100	0	0	0	0	0	0
Total		1	3519 2,17	1	3380 0,15	1	1392, 028
		35192,174		35192,174			

11. *Liquor Pump (L-122)*

Fungsi : Memompa Larutan Na₂CO₃ ke *Silica Catridge Filter (H-124)*



Keterangan :

Aliran <14> = Aliran Larutan Na₂CO₃ masuk pompa

Aliran <16> = Aliran Larutan Na₂CO₃ keluar pompa

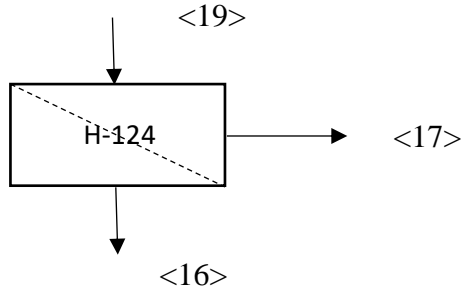
Tabel IV.13 Neraca massa liquor pump (L-122)

Komposisi	BM	In		Out	
		<14>		<16>	
		X14	M14	X16	M16
Na ₂ SiO ₃	122	0,000343	11,59225	0,000343	11,59225

CO ₂	44	0,002785	94,14154	0,002785	94,14154
Na ₂ CO ₃	106	0,079517	2687,694	0,079517	2687,694
SiO ₂	60	4,11E-06	0,13888	4,11E-06	0,13888
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,91735	31006,58	0,91735	31006,58
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	33800,15	1	33800,15
		33800,14633		33800,14633	

12. Silica Catridge Filter (H-124)

Fungsi : Menyaring larutan Na₂CO₃ dari padatan SiO₂



Keterangan :

Aliran <16> = Aliran keluar masuk ke Silica Catridge Filter

Aliran <17> = Aliran keluar Silica Catridge Filter berupa padatan SiO₂ menuju Screw Conveyor

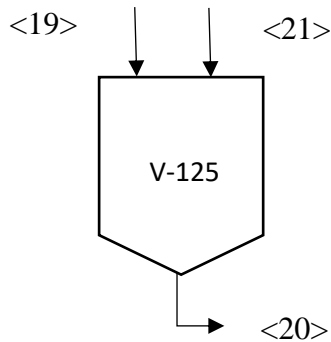
Aliran <19> = Aliran keluar Silica Catridge Filter berupa Larutan Na₂CO₃ masuk menuju evaporator

Tabel IV.14 Neraca massa silica cartridge filter (H-124)

Komposisi	B M	In		Out					
		<16>		<19>		<17>		CO ₂	
		X1 6	M1 6	X1 9	M1 9	X1 7	M1 7	X	M
Na ₂ Si O ₃	122	0,0 003	11, 592	0,0 003	11, 591	0,0 003	0,0 012	0	0
CO ₂	44	0,0 028	94, 142	0	0	0	0	1	94, 142
Na ₂ C O ₃	106	0,0 795	268 7,7	0,0 797	268 7,4	0,0 766	0,2 688	0	0
SiO ₂	60	4E- 06	0,1 389	4E- 10	1E- 05	0,0 396	0,1 389	0	0
NaHC O ₃	84	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,9 174	310 07	0,9 199	310 03	0,8 835	3,1 007	0	0
CaCO 3	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		1	338 00	1	337 02	1	3,5 095	1	94, 142
		33800,146		33800,146					

13. Evaporator (V-125)

Fungsi : Mengurangi kadar H₂O dan menghilangkan sisa Na₂SiO₃



Keterangan :

Aliran <19> = Aliran larutan Na₂CO₃ 8% masuk evaporator

Aliran <20> = Aliran larutan Na₂CO₃ 67% yang telah dipisahkan

Aliran <21> = Aliran Vapor yang keluar dari Evaporator

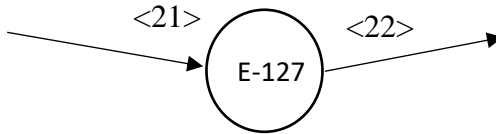
Tabel IV.15 Neraca massa Evaporator (V-125)

Komposisi	B M	In		Out			
		<19>		<20>		<21>	
		X19	M19	X20	M20	X21	M21
Na ₂ SiO ₃	122	0,000 344	11,59 109	0	0	0,000 391	11,59 109
CO ₂	44	0	0	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0,079 74	2687, 425	0,667 583	2687, 425	0	0
SiO ₂	60	4,12 E-10	1,39 E-05	3,45 E-09	1,39 E-05	0	0

NaHC O ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,919 916	3100 3,48	0,332 417	1338, 177	0,999 609	2966 5,30
CaCO ₃	100	0	0	0	0	0	0
Total		1	3370 2,5	1	4025, 602	1	2967 6,89
		33702,49534		33702,49534			

14. Condensor (E-127)

Fungsi : Mengondensasikan vapor yang keluar dari evaporator (V-127)



Keterangan :

Aliran <21> = Aliran vapor yang masuk ke condenser

Aliran <22> = Aliran liquid yang keluar dari condensor

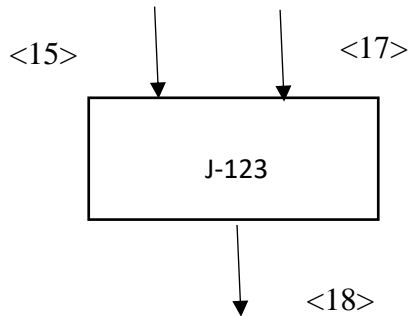
Tabel IV.16 Neraca massa condensor (E-127)

Komposisi i	B M	In		Out	
		<21>		<22>	
		X21	M21	X22	M22
Na ₂ SiO ₃	122	0,00039 1	11,5910 9	0,00039 1	11,5910 9
CO ₂	44	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0

SiO ₂	60	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,99960 9	29665,3	0,99960 9	29665,3
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	29676,8 9	1	29676,8 9
		29676,89342		29676,89342	

15. Screw Conveyor (J-123)

Fungsi : Mengangkut padatan SiO₂ ke dalam silo penyimpanan SiO₂



Keterangan :

Aliran <15> = Aliran keluar dari Disk Centrifuge

Aliran <17> = Aliran keluar dari Silica Catridge Filter

Aliran <18> = Aliran keluar dari Silica Conveyor

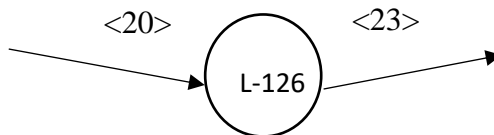
Tabel IV.17 Neraca massa Screw conveyor (J-123)

Komp osisi	B M	In		Out
		<15>	<17>	<18>

		X15	M15	X17	M17	X18	M18
Na ₂ Si O ₃	122	8,33 E-07	0,001 159	0,000 33	0,001 159	1,66 E-06	0,002 319
CO ₂	44	0	0	0	0	0	0
Na ₂ C O ₃	106	0,000 193	0,268 796	0,076 584	0,268 769	0,000 385	0,537 566
SiO ₂	60	0,997 578	1388, 657	0,039 569	0,138 866	0,995 169	1388, 796
NaHC O ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,002 228	3,100 968	0,883 516	3,100 658	0,004 444	6,201 626
CaCO 3	100	0	0	0	0	0	0
Total		1	1392, 028	1	3,509 452	1	1395, 537
		1395,537103				1395,537103	

16 Evaporator Pump (L-126)

Fungsi : Memompa larutan konsentrat Na₂CO₃ ke dalam Mixer Feed Tank (M-212)



Keterangan :

Aliran <20> = Aliran Larutan Na₂CO₃ masuk pompa

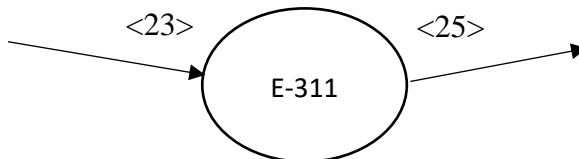
Aliran <23> = Aliran Larutan Na₂CO₃ keluar pompa

Tabel IV.18 Neraca massa evaporator pump (L-126)

Komposisi	BM	In		Out	
		<20>		<23>	
		X20	M20	X23	M23
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0,667583	2687,425	0,667583	2687,425
SiO ₂	60	3,45E-09	1,39E-05	3,45E-09	1,39E-05
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,332417	1338,177	0,332417	1338,177
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	4025,602	1	4025,602
		4025,601911		4025,601911	

17. Sodium Bicarbonate Cooler (E-128)

Fungsi : Menurunkan suhu larutan Na₂CO₃ sebelum masuk CSTR Crystallizer (X-210)



Keterangan :

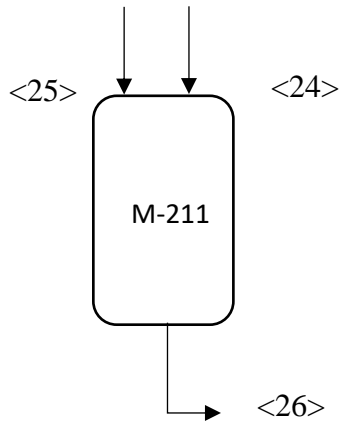
Aliran <23> = Aliran feed yang masuk ke sodium carbonate cooler
 Aliran <25> = Aliran feed yang keluar dari sodium carbonate cooler

Tabel IV.19 Neraca massa sodium carbonate cooler (E-128)

Komponen	BM	In		Out	
		<23>		<25>	
		X23	M23	X25	M25
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0,667583	2687,425	0,667583	2687,425
SiO ₂	60	3,45E-09	1,39E-05	3,45E-09	1,39E-05
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,332417	1338,177	0,332417	1338,177
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	4025,602	1	4025,602
		4025,601911		4025,601911	

18. Mixer Feed Tank (M-211)

Fungsi : Menampung larutan Na_2CO_3 dan mencampur larutan Na_2CO_3



Keterangan :

Aliran <25> = Aliran keluar dari sodium carbonate cooler

Aliran <24> = Aliran padatan CaCO_3

Aliran <26> = Aliran keluar dari mixer feed tank

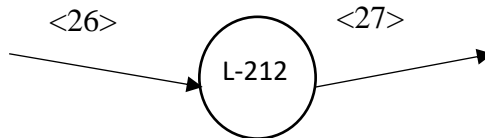
Tabel IV.20 Neraca massa mixer feed tank (M-211)

Komposisi	BM	In				Out	
		<25>		<24>		<26>	
		X25	M25	X ₂₄	M24	X26	M26
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0	0	0
CO_2	44	0	0	0	0	0	0

Na ₂ C O ₃	106	0,667 583	2687, 425	0	0	0,667 561	2687, 425
SiO ₂	60	3,45E -09	1,39E -05	0	0	3,45E -09	1,39E -05
NaHC O ₃	84	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,332 417	1338, 177	0	0	0,332 406	1338, 177
CaCO ₃	100	0	0	1	0,133 818	3,32E -05	0,133 818
Total		1	4025, 602	1	0,133 818	1	4025, 736
						4025,735729	

19. Sodium Carbonate Pump (L-212)

Fungsi : Mengalirkan dan mengompresi tekanan larutan Na₂CO₃



Keterangan :

Aliran <26> = Aliran feed yang masuk ke sodium carbonate pump

Aliran <27> = Aliran feed yang keluar dari sodium carbonate pump

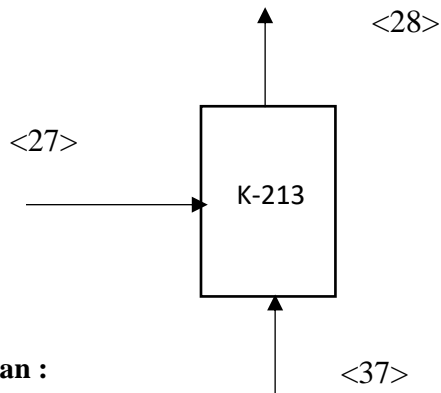
Tabel IV.21 Neraca massa *sodium carbonate pump (L-212)*

Komponen	BM	In		Out	
		<26>		<27>	
		X26	M26	X27	M27

Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0,667561	2687,425	0,667561	2687,425
SiO ₂	60	3,45E-09	1,39E-05	3,45E-09	1,39E-05
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0,332406	1338,177	0,332406	1338,177
CaCO ₃	100	3,32E-05	0,133818	3,32E-05	0,133818
Total		1	4025,736	1	4025,736
		4025,735729		4025,735729	

20. Globe Valve 3 ways II (K-213)

Fungsi : Mencampurkan larutan dari mixer feed tank dengan larutan recycle



Keterangan :

Aliran <27> = Aliran dari mixer feed tank

Aliran <37> = Aliran recycle

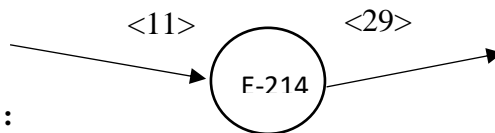
Aliran <28> = Aliran masuk CSTR Crystallizer

Tabel IV.22 Neraca massa globe valve 3-way II (K-213)

Komp onen	B M	In				Out	
		<27>		<37>		<28>	
		X27	M27	X37	M37	X28	M28
Na ₂ Si O ₃	122	0	0	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0	0	0
Na ₂ C O ₃	106	0,667 561	2687, 425	0,459 747	894,6 144	0,599 844	3582, 04
SiO ₂	60	3,45 E-09	1,39 E-05	0	0	2,33 E-09	1,39 E-05
NaHC O ₃	84	0	0	0,000 73	1,420 009	0,000 238	1,420 009
H ₂ O	18	0,332 406	1338, 177	0,539 523	1049, 85	0,399 896	2388, 026
CaCO 3	100	3,32 E-05	0,133 818	3,44 E-08	6,69 E-05	2,24 E-05	0,133 885
Total		1	4025, 736	1	1945, 884	1	5971, 62
		5971,61985				5971,6198	

21. CO₂ Heater (E-214)

Fungsi : Menaikkan suhu CO₂ hingga suhu operasi reaktor (X-210)



Keterangan :

Aliran <11> = Aliran Gas CO₂ masuk ke dalam CO₂ Heater

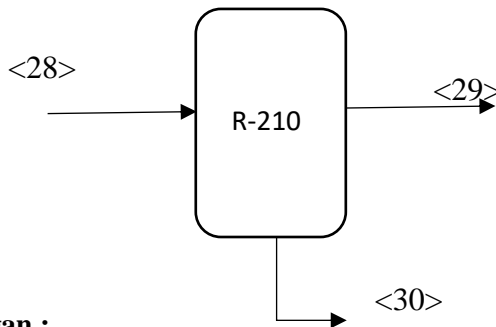
Aliran <29> = Aliran Gas CO₂ keluar dari CO₂ Heater

Tabel IV.23 Neraca massa CO2 heater (E-214)

Komponen	BM	In		Out	
		<11>		<29>	
		X11	M11	X29	M29
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	1	892,1306	1	892,1306
Na ₂ CO ₃	106	0	0	0	0
SiO ₂	60	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0	0	0	0
H ₂ O	18	0	0	0	0
CaCO ₃	100	0	0	0	0
Total		1	892,1306	1	892,1306
		892,1306014		892,1306014	

22. CSTR Crystallizer (X-210)

Fungsi : Mereaksikan Larutan Na_2CO_3 dengan gas CO_2 dan membentuk padatan Kristal NaHCO_3 dengan pendinginan



Keterangan :

Aliran <28> = Aliran Feed Larutan Na_2CO_3 yang keluar dari mixer feed tank

Aliran <29> = Aliran Gas CO_2 yang keluar dari CO_2 Heater

Aliran <30> = Aliran Produk berupa Suspensi

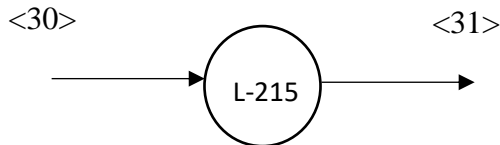
Tabel IV.24 Neraca massa CSTR Crystallizer (X-210)

Komposisi	BM	In				Out	
		<28>		<29>		<30>	
		X28	M28	X29	M29	X30	M30
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0	0	0

CO ₂	44	0	0	1	892,1 306	0,021 663	148,6 884
Na ₂ C O ₃	106	0,599 844	3582, 04	0	0	0,260 939	1791, 02
SiO ₂	60	2,33E -09	1,39E -05	0	0	2,02E -09	1,39E -05
NaHC O ₃	84	0,000 238	1,420 009	0	0	0,413 77	2840, 017
H ₂ O	18	0,399 896	2388, 026	0	0	0,303 608	2083, 891
CaCO ₃	100	2,24E -05	0,133 885	0	0	1,95E -05	0,133 885
Total		1	5971, 62	1	892,1 306	1	6863, 75
						6863,750424	6863,750424

23. Crystall pump (L-215)

Fungsi : Memompa *slurry* NaHCO₃ ke *rotary vacuum filter* (H-310)



Keterangan :

Aliran <30> = Aliran feed yang masuk ke Crystall pump

Aliran <31> = Aliran feed yang keluar dari Crystall pump

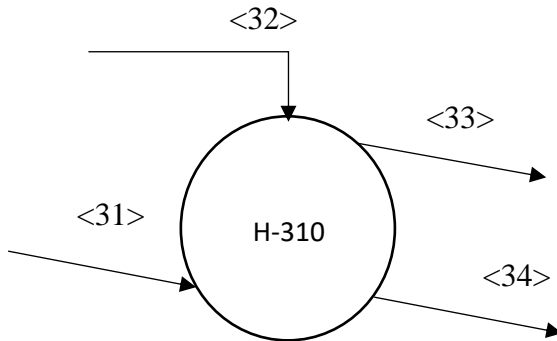
Tabel IV.25 Neraca massa crystall pump (L-215)

Komponen	BM	In	Out
		<30>	<31>

		X30	M30	X31	M31
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	0,021663	148,6884	0,021663	148,6884
Na ₂ CO ₃	106	0,260939	1791,02	0,260939	1791,02
SiO ₂	60	2,02E-09	1,39E-05	2,02E-09	1,39E-05
NaHCO ₃	84	0,41377	2840,017	0,41377	2840,017
H ₂ O	18	0,303608	2083,891	0,303608	2083,891
CaCO ₃	100	1,95E-05	0,133885	1,95E-05	0,133885
Total		1	6863,75	1	6863,75
		6863,750424		6863,750424	

24. Rotary Drum Vacuum Filter (H-310)

Fungsi : Memisahkan kristal NaHCO₃ dari mother liquor



Keterangan :

Aliran <31> = Aliran suspensi kristal NaHCO_3 keluar dari CSTR Crystallizer

Aliran <33> = Aliran padatan kristal NaHCO_3 masuk ke Rotary Vacuum filter

Aliran <32> = Aliran Air Pencuci masuk

Aliran <34> = Aliran Air Pencuci keluar + mother liquor

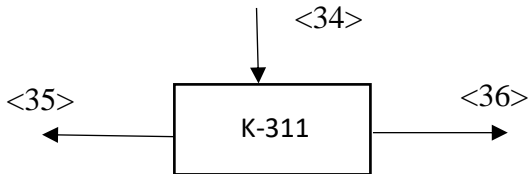
Tabel IV.26 Neraca massa rotary drum vacuum filter (H-310)

Komponen	BM	In			
		<31>		<32>	
		X31	M31	X32	M32
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0
CO_2	44	0,021663	148,6884	0	0
Na_2CO_3	106	0,260939	1791,02	0	0
SiO_2	60	2,02E-09	1,39E-05	0	0
NaHCO_3	84	0,41377	2840,017	0	0
H_2O	18	0,303608	2083,891	1	17,9102
CaCO_3	100	1,95E-05	0,133885	0	0
Total		1	6863,75	1	17,9102
		6881,660622			

Komponen	BM	Out					
		<33>		<34>		<CO ₂ >	
		X33	M33	X34	M34	X	M
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0	1	148,69
Na ₂ CO ₃	106	0,0006	1,791	0,4597	1789,2	0	0
SiO ₂	60	5E-09	1E-05	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0,9986	2837,2	0,0007	2,84	0	0
H ₂ O	18	0,0007	2,1018	0,5395	2099,7	0	0
CaCO ₃	100	5E-05	0,1338	3E-08	0,0001	0	0
Total		1	2841,2	1	3891,8	1	148,69
		6881,660622					

25. Globe Valve 3-Way III (K-311)

Fungsi : Membagi aliran mother liquor dari *rotary vacuum filter* (H-310) menjadi aliran recycle dan aliran purge



Keterangan :

Aliran <34> = Aliran masuk ke rotary vacuum filter

Aliran <35> = Aliran recycle keluar 3 ways valve

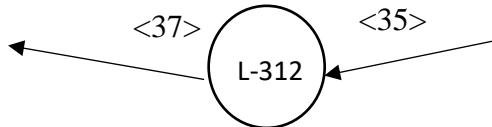
Aliran <36> = Aliran purge keluar 3 ways Valve

Tabel IV.27 Neraca massa globe valve 3-way III (K-311)

Komp onen	BM	In		Out			
		<34>		<35>		<36>	
		X34	M34	X35	M35	X36	M36
Na ₂ Si O ₃	122	0	0	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0	0	0
Na ₂ C O ₃	106	0,459 747	1789, 229	0,459 747	894,6 144	0,459 747	894,6 144
SiO ₂	60	0	0	0	0	0	0
NaHC O ₃	84	0,000 73	2,840 017	0,000 73	1,420 009	0,000 73	1,420 009
H ₂ O	18	0,539 523	2099, 699	0,539 523	1049, 85	0,539 523	1049, 85
CaCO 3	100	3,44 E-08	0,000 134	3,44 E-08	6,69 E-05	3,44 E-08	6,69 E-05
Total		1	3891, 768	1	1945, 884	1	1945, 884
		3891,768243		3891,768243			

26. *Recycle pump (L-312)*

Fungsi : Memompa aliran recycle ke globe valve 3-way II



Keterangan :

Aliran <35> = Aliran feed yang masuk ke Recycle pump

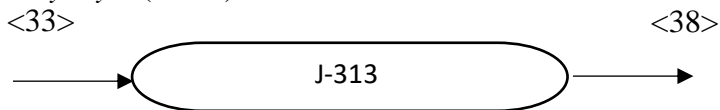
Aliran <37> = Aliran feed yang keluar dari Recycle pump

Tabel IV.28 Neraca massa *recycle pump (L-312)*

Komponen	BM	In		Out	
		<35>		<37>	
		X35	M35	X37	M37
Na ₂ SiO ₃	122	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	106	0,459747	894,6144	0,459747	894,6144
SiO ₂	60	0	0	0	0
NaHCO ₃	84	0,00073	1,420009	0,00073	1,420009
H ₂ O	18	0,539523	1049,85	0,539523	1049,85
CaCO ₃	100	3,44E-08	6,69E-05	3,44E-08	6,69E-05
Total		1	1945,884	1	1945,884
		1945,884122		1945,884122	

27. Belt Conveyor 1 (J-313)

Fungsi : Mengangkut cake untuk dimasukkan ke dalam rotary dryer (B-320)



Keterangan :

Aliran <33> = Aliran Kristal NaHCO_3 keluar dari RVF

Aliran <38> = Aliran Kristal NaHCO_3 keluar dari Belt Conveyor 1

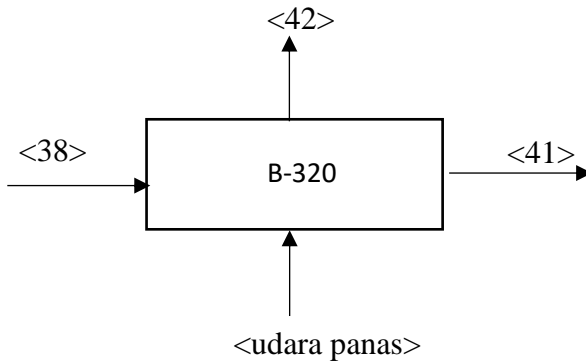
Tabel IV.29 Neraca massa belt conveyor 1 (J-313)

Komponen	BM	In		Out	
		<33>		<38>	
		X33	M33	X38	M38
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0
CO_2	44	0	0	0	0
Na_2CO_3	106	0,00063	1,79102	0,00063	1,79102
SiO_2	60	4,89E-09	1,39E-05	4,89E-09	1,39E-05
NaHCO_3	84	0,998583	2837,177	0,998583	2837,177
H_2O	18	0,00074	2,101801	0,00074	2,101801
CaCO_3	100	4,71E-05	0,133751	4,71E-05	0,133751

Total	1	2841,20 4	1	2841,20 4
	2841,203945		2841,203945	

28. Rotary Dryer (B-320)

Fungsi : menguapkan air dan akan menghasilkan produk dengan kandungan air sebesar 0.01%



Keterangan :

Aliran <38> = Aliran kristal NaHCO_3 masuk ke dalam rotary dryer

Aliran <41> = Aliran kristal NaHCO_3 keluar dari rotary dryer

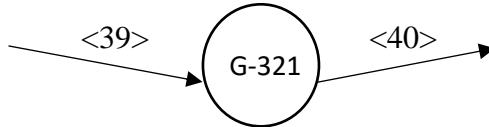
Aliran <42> = Aliran udara keluar dari rotary dryer

Tabel IV.30 Neraca massa rotary dryer (B-320)

Komp onen	B M	In				Out			
		<38>		Udara Panas		<42>		<41>	
		X3 8	M3 8	X X	M M	X4 2	M4 2	X4 1	M4 1
Na ₂ Si O ₃	1 2 2	0	0	0	0	0	0	0	0
CO ₂	4 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ C O ₃	1 0 6	0,0 006	1,7 91	0	0	0	0	0	0
SiO ₂	6 0	5E- 09	1E- 05	0	0	1E- 10	7E- 08	5E- 09	1E- 05
NaHC O ₃	8 4	0,9 986	283 7,2	0	0	0,0 215	14, 186	0,9 999	282 3
H ₂ O (Maf)	1 8	0,0 007	2,1 018	0	0	0	0	0,0 001	0,2 825
CaCO 3	1 0 0	5E- 05	0,1 338	0	0	1E- 06	0,0 007	5E- 05	0,1 331
Udara kering		0	0	0,9 785	628 ,83	0,9 521	628 ,83	0	0
H ₂ O (Mai)		0	0	0,0 215	13, 834	0	0	0	0
H ₂ O (Mao)		0	0	0	0	0,0 264	17, 44	0	0
Total		1	284 1,2	1	642 ,66	1	660 ,46	1	282 3,4
		3483,86687				3483,86687			

29. Blower (G-321)

Fungsi : Mengalirkan udara untuk dimasukkan ke dalam *burner rotary dryer* (B-320)



Keterangan :

Aliran <39> = Aliran Udara masuk ke Blower

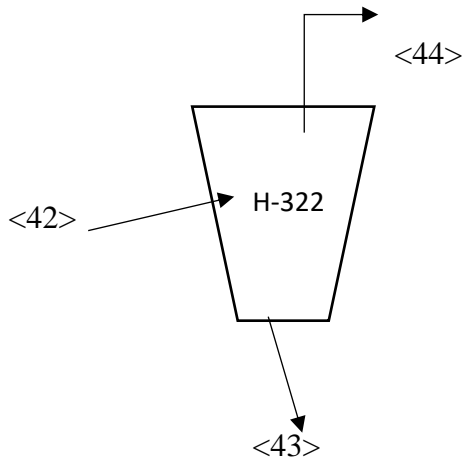
Aliran <40> = Aliran Udara keluar dari Blower

Tabel IV.31 Neraca massa *blower* (G-321)

Komponen	BM	In		Out	
		<39>		<40>	
		X39	M39	X40	M40
Udara kering		0,978474	628,8287	0,978474	628,8287
H ₂ O (Mai)		0,021526	13,834	0,021526	13,83423
Total		1	642,6629	1	642,6629
		642,6629253		642,6629253	

30. Cyclone (H-322)

Fungsi : Memisahkan udara dari *rotary dryer* (B-320) dengan Kristal NaHCO_3 yang masih terbawa dengan densitas lebih kecil



Keterangan :

Aliran <42> = Aliran udara masuk cyclone

Aliran <43> = Aliran udara keluar cyclone jatuh ke belt conveyor 2

Aliran <44> = Aliran udara keluar cyclone keluar atmosfer

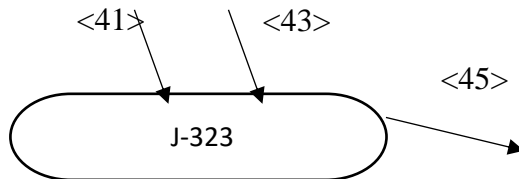
Tabel IV.32 Neraca massa cyclone (H-322)

Komposisi	BM	In		Out			
		<42>		<43>		<44>	
		X42	M42	X43	M43	X44	M44
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0	0	0

CO ₂	44	0	0	0	0	0	0
Na ₂ C O ₃	106	0	0	0	0	0	0
SiO ₂	60	1,05 E-10	6,94 E-08	4,89 E-09	6,94 E-08	1,07 E-13	6,94 E-11
NaHC O ₃	84	0,021 479	14,18 589	0,999 953	14,17 17	2,19 E-05	0,014 186
H ₂ O	18	0	0	0	0	0	0
CaCO 3	100	1,01 E-06	0,000 669	4,71 E-05	0,000 668	1,03 E-09	6,69 E-07
Udara kering		0,952 107	628,8 287			0,972 986	628,8 287
H ₂ O (Mai)		0	0	0	0	0	0
H ₂ O (Mao)		0,026 413	17,44 453			0,026 992	17,44 453
Total		1	660,4 598	1	14,17 237	1	646,2 874
			660,459782		660,459782		

31. Belt Conveyor 2 (J-323)

Fungsi : Mengangkut kristal NaHCO₃ dari rotary dryer (B-320) dan cyclone (H-



Keterangan :

Aliran <41> = Aliran Kristal NaHCO₃ keluar dari rotary dryer

Aliran <43> = Aliran Kristal NaHCO₃ keluar dari cyclone

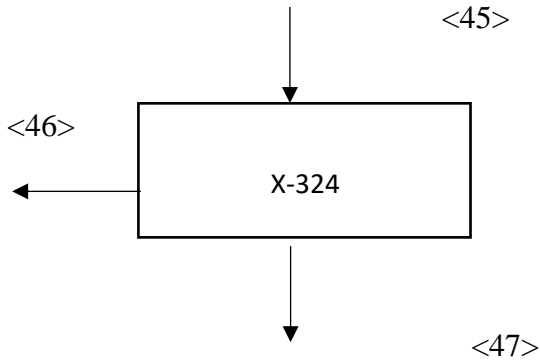
Aliran <45> = Aliran Kristal keluar dari Belt Conveyor II

Tabel IV.33 Neraca massa belt conveyor 2 (J-323)

Komp osisi	BM	In				Out	
		<41>		<43>		<45>	
		X41	M41	X43	M43	X45	M45
Na ₂ Si O ₃	122	0	0	0	0	0	0
CO ₂	44	0	0	0	0	0	0
Na ₂ C O ₃	106	0	0	0	0	0	0
SiO ₂	60	4,89 E-09	1,38 E-05	4,89 E-09	6,94 E-08	4,89 E-09	1,39 E-05
NaHC O ₃	84	0,999 853	2822, 991	0,999 953	14,17 17	0,999 853	2837, 163
H ₂ O	18	0,000 1	0,282 52	0	0	9,96 E-05	0,282 52
CaCO 3	100	4,71 E-05	0,133 082	4,71 E-05	0,000 668	4,71 E-05	0,133 75
Total		1	2823, 407	1	14,17 237	1	2837, 579
		2837,579457				2837,579457	

32. Classifier (X-324)

Fungsi : memisahkan ukuran kristal on spec (120 mesh) dengan off spec (kurang / lebih dari 120 mesh)



Keterangan :

Aliran <45> = Aliran Kristal NaHCO_3 masuk classifier

Aliran <46> = Aliran Kristal NaHCO_3 keluar sebagai off product

Aliran <47> = Aliran Kristal NaHCO_3 keluar sebagai on product

Tabel IV.34 Neraca massa classifier (X-324)

Komp posisi	BM	In		Out			
		<45>		<46>		<47>	
		X45	M45	X46	M46	X47	M47
Na_2SiO_3	122	0	0	0	0	0	0
CO_2	44	0	0	0	0	0	0
Na_2CO_3	106	0	0	0	0	0	0

SiO ₂	60	4,89 E-09	1,39 E-05	4,89 E-09	2,78 E-07	4,89 E-09	1,36 E-05
NaHC O ₃	84	0,999 853	2837, 163	0,999 853	56,74 326	0,999 853	2780, 42
H ₂ O	18	9,96 E-05	0,282 52	9,96 E-05	0,005 65	9,96 E-05	0,276 869
CaCO 3	100	4,71 E-05	0,133 75	4,71 E-05	0,002 675	4,71 E-05	0,131 075
Total		1	2837, 579	1	56,75 159	1	2780, 828
		2837,579457		2837,579457			

IV.II Neraca Energi

Basis perhitungan =	1	jam operasi
Kapasitas =	20000	ton/tahun
	66,6666667	ton/tahun
	66666,6667	kg/tahun
	2777,77778	kg/jam
Jumlah hari operasi		
=	300	hari/tahun
Jumlah jam operasi		
=	24	jam/hari
Suhu Referensi =	25	Suhu (°C)

Menurut Himmelblau (1989), dalam perhitungan neraca energi ini berlaku teori hukum kekekalan energi dengan persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Akumulasi energi sistem} = \text{Energi masuk} - \text{Energi keluar} + \text{Generasi energi} - \text{Konsumsi energi}$$

$$H_{in} + \frac{1}{2}V_{in}^2 + g \cdot z_{in} + Q = H_{out} + \frac{1}{2}V_{out}^2 + g \cdot z_{out} + W_s$$

Dengan asumsi :

1. Tidak ada akumulasi energy pada sistem (steady State)
 2. Q loss pada peralatan = 5-10%
 3. Neraca energi dihitung per kapasitas alat
 4. Perubahan energi kinetik diabaikan
 5. Perubahan energi potensial diabaikan
- Sehingga persamaan umum *energy balance* menjadi:

$$H_{in} = H_{out} + Q + W_s$$

Perhitungan entalpi diperlukan dalam perhitungan neraca energi. Robert Perry (1984) menjelaskan bahwa pada komposisi konstan, properti molar *thermodynamic* adalah fungsi dari temperatur dan tekanan, sebagai berikut :

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T dP$$

Kondisi komponen pada suhu referensi :

Fase Liquid	Fase Padat
<ol style="list-style-type: none"> 1. Water Glass ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) 2. Natrium Karbonat (Na_2CO_3) 	<ol style="list-style-type: none"> Silikon Dioksida (SiO_2) 2. Kalsium Karbonat (CaCO_3) 3. Natrium Bikarbonat (NaHCO_3)
Fase Gas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Karbon Dioksida (CO_2) 	

1. Kapasitas Panas Gas

Dengan Rumus :

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 + E/T^2$$

Dengan	:	Cp	:	Kapasitas panas gas,
		T	:	Kj/kmol.K°
		A,B,C,D,E	:	298,15 Suhu,K°
			:	Konstanta

Kompo nen	A	B	C	D	E	Cp (Kj/kmol .K°)
--------------	---	---	---	---	---	------------------------

Na ₂ SiO ₃	45,1 16	-0,02	0,00067	1,23E -08	1,2 E- 09	45,8769
Na ₂ CO ₃						
CaCO ₃						
SiO ₂						
CO ₂	27,4 37	0,0423 1	- 0,00001 9555	3,996 8E-09	- 3E- 13	38,4193 4511
H ₂ O	33,9 33	- 0,0084 186	0,00002 99	- 1,783 E-08	3,7 E- 12	33,6084 8154
NaHCO ₃						

2. Kapasitas Panas Cair

Dengan Rumus :

$$C_p = A + BT + C.T^2 + D.T^3$$

Dengan : Cp : Kapasitas panas liquid,
Kj/kmol.K°
T : 298,15 Suhu, K°
A,B,C,D : Konstanta

Komponen	A	B	C	D	Cp (Kj/kmol .K°)
----------	---	---	---	---	------------------------

Na ₂ SiO ₃	210,1	2,36	-0,0976	0,00457	175,8
Na ₂ CO ₃	121	0	0	0	28,919
CaCO ₃					
SiO ₂					
CO ₂	-338,956	5,279 6	- 0,02327 9	0,00003 598	119,4053 472
H ₂ O	92,053	- 0,039 953	- 0,00021 103	5,3469E -07	75,55303 004
NaHCO ₃	366,945 6067				87,7

3. Kapasitas Panas Padatan

Dengan Rumus :

$$C_p = A + B.T + C.T^2$$

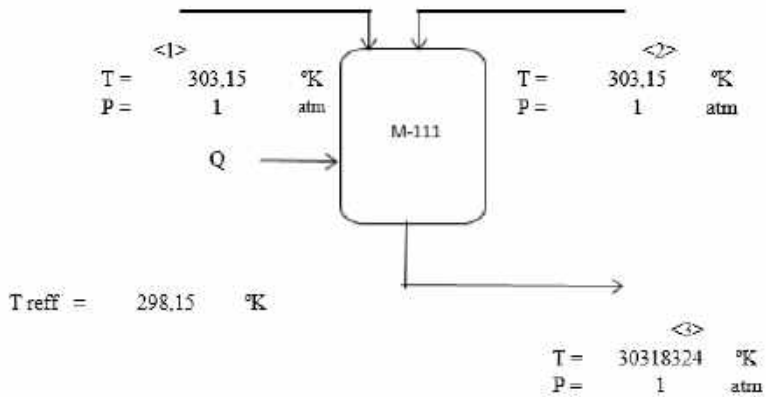
Dengan : Cp : Kapasitas panas liquid,
Kj/kmol.K°
T : 298,15 Suhu, K°
A,B,C,D : Konstanta

Komponen	A	B	C	Cp (Kj/kmol.K°)
Na ₂ SiO ₃	56,01	0,342	0,00976	128,1
Na ₂ CO ₃	175,201	- 0,000348 1	7,4327E-06	42,0061486 3
CaCO ₃	82,88	0,04975	-0,0001287	20,6190985 9

SiO ₂	2,478	0,16522	- 0,00009676 9	43,1362154
CO ₂				
H ₂ O				
NaHCO ₃	166,534 2	- 0,005249	1,4757E-06	165,100390 7

1. Water Glass Mixing Tank (M-111)

Fungsi : Mengencerkan Bahan Baku Water Glass sebelum dimasukan ke dalam CSTR (R-110)



Keterangan :

Aliran <1> = Aliran Water Glass 27,7% SiO₂

Aliran <2> = Aliran H₂O (air)

Aliran <3> = Aliran Water Glass 0,1% mol

Tabel IV.35 Enthalpi Bahan masuk Water Glass Mixing Tank (M-111)

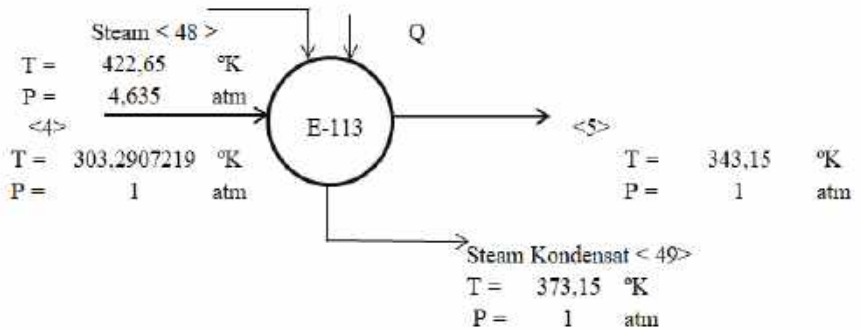
Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <1>				
Na ₂ SiO ₃	2522,05	20,6725	175,8	18171,14873
H ₂ O	4425,27	245,848	75,55303004	92872,87056
Total				111044,0193
Aliran <2>				
H ₂ O	27039,2	1502,18	75,55303004	567469,3922
Total				567469,3922
Total				678513,4114

Tabel IV.36 Enthalpi Bahan keluar Water Glass Mixing Tank (M-111)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <3>				
Na ₂ SiO ₃	2522,05	20,6725	175,8	18291,95435
H ₂ O	31464,4	1748,02	75,55303004	664732,3571
Total				683024,3114
ΔH solution				-4510,9
Total				678513,4114

2. Water Glass Heater (E-113)

Fungsi : Memanaskan Feed *Waterglass* hingga suhu operasi pada CSTR (R-110)



Keterangan :

- Aliran <4> = Aliran Water Glass masuk ke Water Glass Heater
- Aliran <5> = Aliran Water Glass keluar dari Water Glass Heater
- Aliran <47> = Aliran Steam
- Aliran <48> = Aliran Steam Kondensat

Tabel IV.37 Enthalpi bahan masuk Water glass Heater (E-113)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <4>				
Na ₂ SiO ₃	2522,05	20,6725	175,8	18291,9543 5
H ₂ O	31464,4	1748,02	75,5530300 4	664732,357 1
Total				683024,311 4

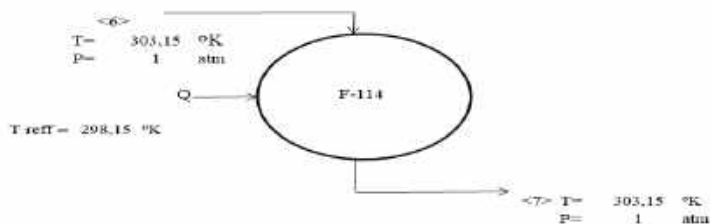
Tabel IV.38 Enthalpi bahan Keluar Water glass Heater (E-113)

Komponen n	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <5>				
Na ₂ SiO ₃	2522,05	20,6725	175,8	163540,338 5
H ₂ O	31464,4	1748,02	75,5530300 4	5943080,36 4
Total				6106620,70 3

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
$\Delta H_{<4>}$	683024,3114	$\Delta H_{<5>}$	6106620,703
$\Delta H_{<48>}$	7039288,526	$\Delta H_{<49>}$	1615692,135
Total	7722312,838	Total	7722312,838

3. CO₂ Storage Tank (F-114)

Fungsi : Menampung bahan baku Gas CO₂ sebelum masuk ke dalam Reaktor 1 (R-110)



Keterangan :

Aliran <6> = Aliran masuk gas CO₂ ke dalam CO₂ Storage Tank
IV-51

Aliran <7> = Aliran keluar gas CO₂ dari CO₂ Storage Tank

Tabel IV.40 Enthalpi Bahan masuk CO₂ Storage Tank (F-114)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <6>				
CO ₂	2097,84	47,6781	38,41934511	9158,814868
Total				9158,814868

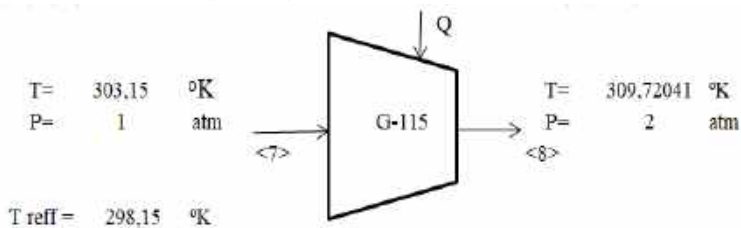
Tabel IV.41 Enthalpi Bahan keluar CO₂ Storage Tank (F-114)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <7>				
CO ₂	2097,84	47,6781	38,41934511	9158,814868
Total				9158,814868

4. CO₂ Feed Compressor (G-115)

Fungsi : Menaikan Tekanan Gas CO₂ dari 1 atm menjadi 2 atm sebelum masuk

ke dalam CSTR (R-110)



Keterangan :

Aliran <7> = Aliran gas CO₂ masuk CO₂ Compressor

Aliran <8> = Aliran gas CO₂ keluar dari CO₂ Compressor

Tabel IV.42 Enthalpi Bahan Masuk CO₂ Kompresor (G-115)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <7>				
CO ₂	2097,84	47,6781	38,419345 11	9158,814 868
Total				9158,814 868

Tabel IV.43 Enthalpi Bahan Keluar CO₂ Kompresor (G-115)

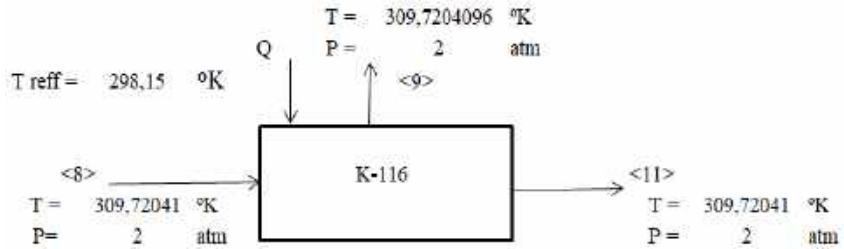
Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <8>				
CO ₂	2097,84	47,6781	38,419345 11	21194,24 794
Total				21194,24 794

Tabel IV.44 Neraca Energi Total CO₂ Kompresor (G-115)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
ΔH<7>	9158,814868	ΔH<8> >	21194,24794
		Q lepas	- 12035,43307
Total	9158,814868	Total	9158,814868

5. Globe Valve 3 ways I (K-116)

Fungsi : Membagi aliran gas CO₂ menuju CSTR (R-110) & CSTR Crystallizer (X-210)



Keterangan :

Aliran <8> = Aliran gas CO₂ keluar dari CO₂ feed Compressor

Aliran <9> = Aliran gas CO₂ keluar dari Valve Menuju CSTR (R-110)

Aliran <11> = Aliran gas CO₂ keluar dari Valve menuju CSTR Crystallizer (X-210)

Tabel IV.45 Enthalpi Bahan masuk Globe Valve 3 ways I (K-116)

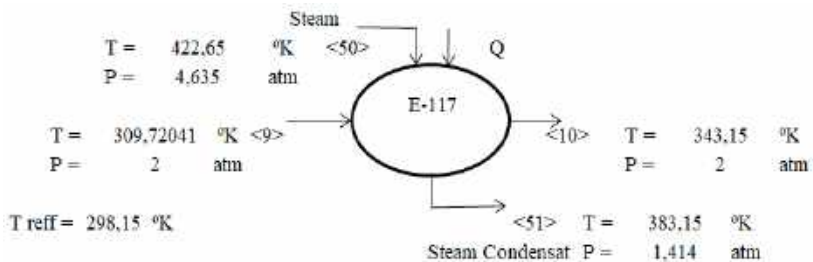
Komponen n	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <8>				
CO ₂	2097,8 4	47,678 1	38,4193451 1	21194,2479 4
Total				21194,2479 4

Tabel IV.46 Enthalpi Bahan keluar Globe Valve 3 ways I (K-116)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <9>				
CO ₂	1205,7 1	27,402 4	38,4193451 1	12181,1424 9
Aliran <11>				
CO ₂	892,13 1	20,275 7	38,4193451 1	9013,10545 1
Total				21194,2479 4

6. CO₂ Heater (E-117)

Fungsi : Menaikan suhu gas CO₂ dari suhu 36,57°C ke 70°C sebelum masuk ke Reaktor 1 (R-110)



Keterangan :

Aliran <9> = Aliran masuk CO₂ Heater

Aliran <10> = Aliran keluar CO₂ Heater

Aliran <50> = Aliran Steam masuk CO₂ Heater

Aliran <51> = Aliran Steam Condensat keluar CO₂ Heater

Tabel IV.47 Enthalpi Bahan Masuk CO₂ Heater (E-117)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <9>				
CO ₂	1205,71	27,4024	38,41934511	12181,14249
Total				12181,14249

Tabel IV.48 Enthalpi Bahan Keluar CO₂ Heater (E-117)

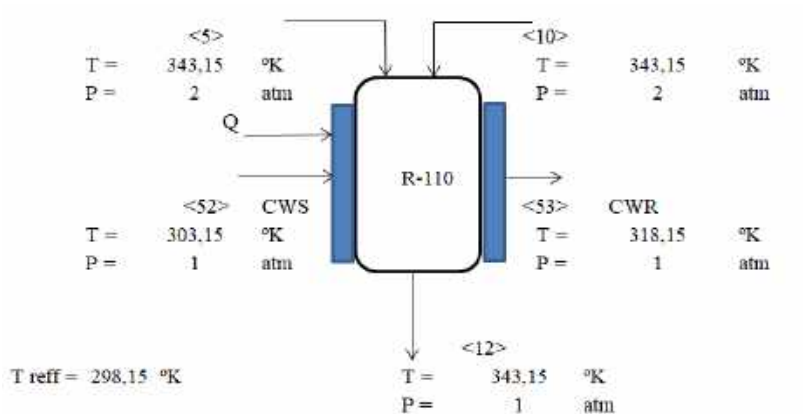
Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <10>				
CO ₂	1205,71	27,4024	38,41934511	47375,28142
Total				47375,28142

Tabel IV.49 Neraca Energi Total CO₂ Heater (E-117)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
ΔH<9>	12181,14249	ΔH<10> >	47375,28142
ΔHs <50>	45678,49088	ΔHs <51>	10484,35196
Total	57859,63338	Total	57859,63338

7. Continuous Stirrer Tank Reactor (CSTR) (R-110)

Fungsi : Mereaksikan Larutan Na_2SiO_3 (Water Glass) dengan Gas CO_2



Keterangan :

Aliran <5> = Aliran bahan baku Water glass keluar dari Water glass Heater

Aliran <10> = Aliran bahan baku Gas CO_2 keluar dari CO_2 Heater

Aliran <12> = Aliran Produk yang keluar dari CSTR berupa Suspensi

Aliran <52> = Aliran Cooling Water Supplai

Aliran <53> = Aliran Cooling Water

Return

Tabel IV.50 Enthalpi Standar reaktan CSTR (R-110)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)	ΔH_s
Aliran <5>					-6153995,98
Na ₂ SiO ₃	2522,05	20,6725	175,8	- 163540,3385	
H ₂ O	31464,4	1748,02	75,55303004	- 5943080,364	
Aliran <10>					
CO ₂	1205,71	27,4024	38,41934511	- 47375,28142	

Tabel IV.51 Enthalpi Standar produk CSTR (R-110)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)	ΔH_s
Aliran <12>					5939569,645
Na ₂ SiO ₃	11,59341	0,095028	175,8	751,7662485	
Na ₂ CO ₃	2687,96	25,3581	28,919	32999,94098	
H ₂ O	31009,7	1722,76	75,55303004	5857188,341	
SiO ₂	1388,8	23,147	43,1362154	44930,53982	
CO ₂	94,1415	2,140	38,41934511	3699,057584	

Tabel IV.52 Enthalpi Pembentukan Reaktan

Komponen	n (kmol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH_f (kJ)
Na ₂ SiO ₃	20,67252415	-1554900	-32143707,8
H ₂ O	1748,023242	-285800	- 499585042,7
CO ₂	27,40244605	-393500	- 10782862,52
Total			

	-542511613
--	------------

Tabel IV.53 Enthalpi Pembentukan Produk

Komponen	n (kmol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH_f (kJ)
Na ₂ SiO ₃	0,095027967	-1554900	- 147758,9862
Na ₂ CO ₃	25,358139	-1130700	- 28672447,77
H ₂ O	1722,760038	-285800	- 492364818,9
SiO ₂	23,14659344	-910900	- 21084231,97
CO ₂	2,139580449	-393500	- 841924,9066
Total			-543111182,5

Tabel IV.54 Tabel Enthalpi Bahan masuk Reaktor (R-110)

Komponen	n (kmol)	C _p	ΔH
Na ₂ SiO ₃	20,672524	175,8	163540,3385
H ₂ O	1748,0232	75,55303004	5943080,364
CO ₂	27,402446	38,41934511	47375,28142
Total			6153995,98

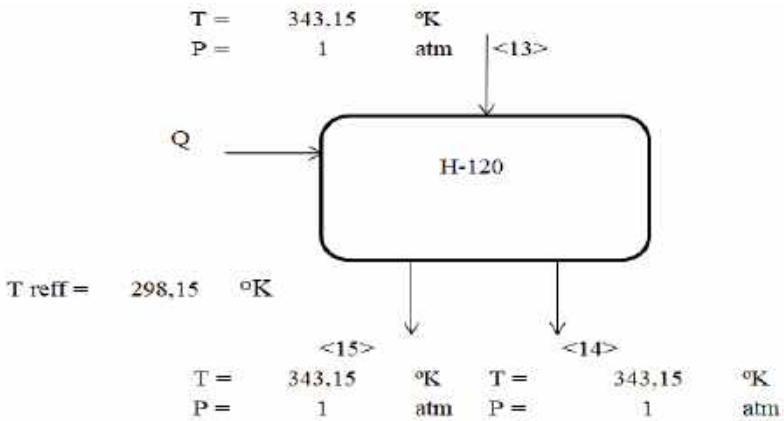
Tabel IV.55 Tabel Enthalpi Bahan keluar Reaktor (R-110)

Komponen	n (kmol)	C _p	ΔH
Na ₂ SiO ₃	0,095027967	175,8	751,7662485
Na ₂ CO ₃	25,358139	28,919	32999,94098

H ₂ O	1722,760038	75,55303004	5857188,341
SiO ₂	23,14659344	43,1362154	44930,53982
CO ₂	2,139580449	38,41934511	3699,057584
ΔH cooling water			813.995,85
ΔH _{rxn}			-599.569,51
Total			6.153.995,98

8. Disk Centrifuge (H-120)

Fungsi : Memisahkan Larutan Na₂CO₃ dengan padatan SiO₂



Keterangan :

Aliran <13> = Aliran masuk disk centrifuge

Aliran <14> = Aliran keluar disk centrifuge berupa mother liquor (larutan Na₂CO₃)

Aliran <15> = Aliran keluar disk centrifuge berupa padatan SiO₂

Tabel IV.56 Enthalpi masuk ke Disk Centrifudge (H-120)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <13>				
Na ₂ SiO ₃	11,593 4	0,0950 3	175,8	751,766248 5
Na ₂ CO ₃	2687,9 6	25,358 1	28,919	32999,9409 8
H ₂ O	31009, 7	1722,7 6	75,5530300 4	5857188,34 1
SiO ₂	1388,8	23,146 6	43,1362154	44930,5398 2
CO ₂	94,141 5	2,1395 8	38,4193451 1	3699,05758 4
Total				5939569,64 5

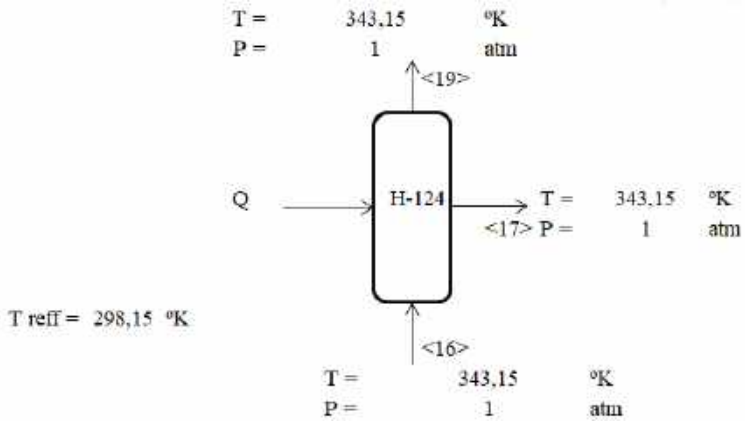
Tabel IV.57 Enthalpi keluar Disk Centrifudge (H-120)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <14>				
Na ₂ SiO ₃	11,592 3	0,0950 2	175,8	751,691071 8
Na ₂ CO ₃	2687,6 9	25,355 6	28,919	32996,6409 8
H ₂ O	31007	1722,5 9	75,5530300 4	5856602,62 2
SiO ₂	0,1388 8	0,0002 3	43,1362154	0,44930539 8
CO ₂	94,141 5	2,1395 8	38,4193451 1	3699,05758 4

Aliran <15>				
Na ₂ SiO ₃	0,0011 6	9,503E- 06	175,8	0,07517662 5
Na ₂ CO ₃	0,2688	0,0025 4	28,919	3,29999409 8
H ₂ O	3,1009 7	0,1722 8	75,5530300 4	585,718834 1
SiO ₂	1388,6 6	23,146 4	43,1362154	44930,0905 1
CO ₂	0	0	38,4193451 1	0
Total				5939569,64 5

9. Silica Catridge Filter (H-124)

Fungsi : menyaring larutan Na₂CO₃ dari padatan SiO₂ yang masih terikut



Keterangan :

Aliran <16> = Aliran keluar masuk ke
Silica Catridge Filter

Aliran <17> = Aliran keluar Silica Catridge Filter
berupa padatan SiO₂ menuju Screw Conveyor

Aliran <19> = Aliran keluar Silica Catridge Filter berupa
Larutan Na₂CO₃
masuk menuju evaporator

Tabel IV.58 Enthalpi Masuk Silica Catridge Filter (H-124)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <16>				
Na ₂ SiO ₃	11,5923	0,09502	175,8	751,6910718
Na ₂ CO ₃	2687,69	25,3556	28,919	32996,64098
H ₂ O	31007	1722,59	75,55303004	5856602,622
SiO ₂	0,13888	0,00023	43,1362154	0,449305398
CO ₂	94,1415	2,13958	38,41934511	3699,057584
Total				5890351,403

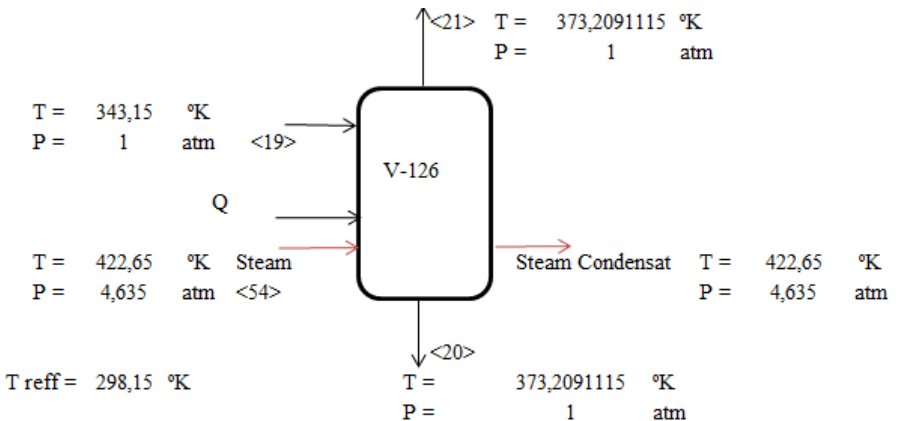
Tabel IV.59 Enthalpi Keluar Silica Catridge Filter (H-124)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <19>				
Na ₂ SiO ₃	11,5911	0,09501	175,8	751,6159027
Na ₂ CO ₃	2687,4	25,3531	28,919	32993,34132
H ₂ O	31003	1722,42	75,55303004	5856016,962
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-09	43,1362154	4,49305E-06
CO ₂	94,1415	2,13958	38,41934511	3699,057584
Aliran <17>				
Na ₂ SiO ₃	0,00116	9,5E-06	175,8	0,075169107

Na ₂ CO ₃	0,26877	0,00254	28,919	3,299664098
H ₂ O	3,1007	0,17226	75,55303004	585,6602622
SiO ₂	0,13887	0,00023	43,1362154	0,449300905
CO ₂		0	38,41934511	0
Total				5890351,403

10. Evaporator (V-125)

Fungsi : Mengurangi Kadar Air Pada Larutan Na₂CO₃ dari 8% sampai 67%



Keterangan :

- Aliran <19> = Aliran larutan Na₂CO₃ keluar masuk evaporator
- Aliran <20> = Aliran Larutan Na₂CO₃ yang telah dipekatkan 67%
- Aliran <21> = Aliran Uap Air (Vapor) yang keluar dari Evaporator
- Aliran <54> = Aliran Steam masuk ke dalam Evaporator
- Aliran <55> = Aliran Steam Condensat keluar Evaporator

Tabel IV.60 Enthalpi bahan masuk Evaporator (V-125)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <19>				
Na ₂ SiO ₃	11,591 1	0,0950 1	175,8	751,6159027
Na ₂ CO ₃	2687,4	25,353 1	28,919	32993,34132
H ₂ O	31003	1722,4 2	75,5530300 4	5856016,962
SiO ₂	1,4E- 05	2,3E- 09	43,1362154	4,49305E-06
Total				29452259,42

Tabel IV.61 Enthalpi bahan keluar Evaporator (V-125)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <20>				
Na ₂ CO ₃	2687,4	25,353 1	28,919	55032,24185
H ₂ O	1338,2	74,343 2	75,5530300 4	421595,7976
SiO ₂	1,4E- 05	2,3E- 07	43,1362154	0,000749433
Aliran <21>				
Na ₂ SiO ₃	11,591 1	0,0950 1	175,8	1253,680485
H ₂ O	29665, 3	1648,0 7	33,6084815 4	4157464,827

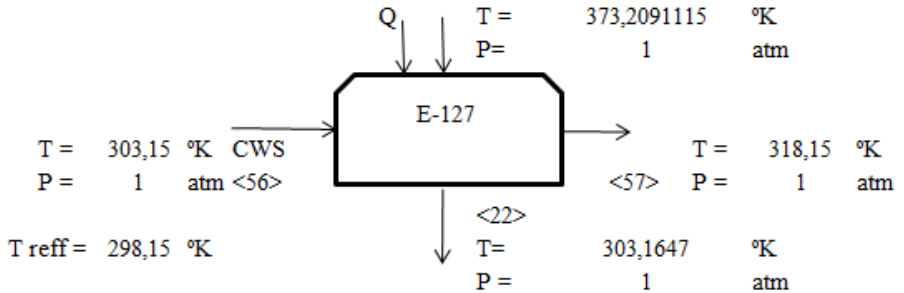
Total	95157311,55
-------	-------------

Tabel IV.62 Neraca Energi Total Evaporator (V-125)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
ΔH_{in}	29452259,42	ΔH_{out}	95157311,55
Q _{si}	85278620,72	Q _{so}	19573568,59
Total	114730880,1	Total	114730880,1

11. Condensator (E-127)

Fungsi : Mengondensasi Uap berupa Air (H₂O) & Na₂SiO₃ yang keluar dari evaporator



Keterangan :

- Aliran <21> = Aliran vapor yang masuk ke condensor
- Aliran <22> = Aliran liquid yang keluar dari condensor
- Aliran <56> = Aliran Cooling Water Supplai
- Aliran <57> = Aliran Cooling Water Return

Tabel IV.63 Enthalpi Bahan masuk ke dalam Condensor (E-127)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <21>				
Na ₂ SiO ₃	11,5911	0,0950 1	45,8769	1253,68048 5
H ₂ O	29665,3 0	1648,0 7	33,6084815 4	4157464,82 7
Total				4158718,50 8

Tabel IV.64 Enthalpi Bahan keluar dari Condensor (E-127)

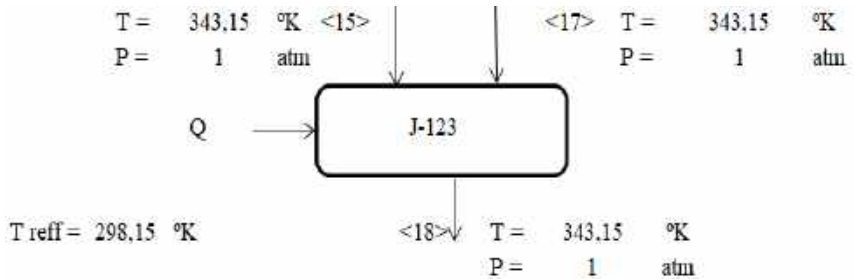
Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <22>				
Na ₂ SiO ₃	11,5910 9	0,09500 9	45,8769	21,8576565 1
H ₂ O	29665,3	1648,07	33,6084815 4	277760,267 4
Total				277782,125 1

Tabel IV.65 Neraca Energi Total Condensor (E-127)

Aliran Panas Masuk (kJ)	Aliran Panas Keluar (kJ)
$\Delta H<21>$	$\Delta H<22>$
4158718,508	277782,1251
Q serap	Q kondensasi
-3819163,746	61.772,64

12 . Screw Conveyor (J-123)

Fungsi : Mentransport padatan SiO₂ dari Disk Centrifuge & Silica Catridge Filter



Keterangan :

Aliran <15> = Aliran keluar dari Disk Centrifuge

Aliran <17> = Aliran keluar dari Silica Catridge Filter

Aliran <18> = Aliran keluar dari Screw Conveyor

Tabel IV.66 Enthalpi bahan masuk Screw Conveyor (J-123)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <15>				
Na ₂ CO ₃	0,2688	0,0025 4	28,919	3,299994098
H ₂ O	3,1009 7	0,1722 8	75,55303 004	585,7188341
SiO ₂	1388,6 6	23,146 4	43,13621 54	44930,09051
CO ₂	0	0	38,41934 511	0
Total				45519,10934

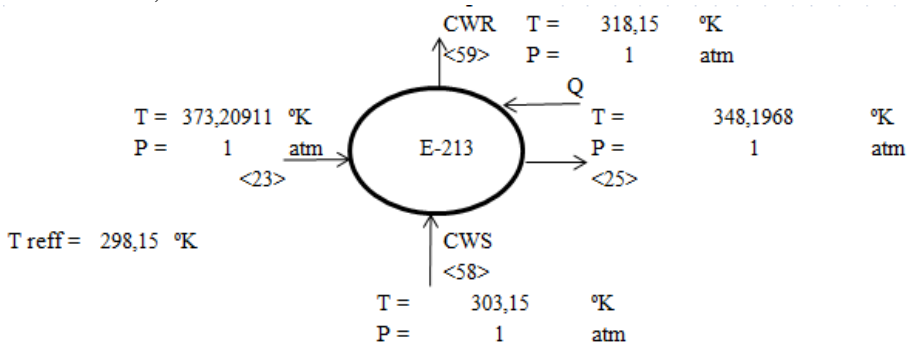
Aliran <17>				
Na ₂ CO ₃	0,2687 7	0,0025 4	28,919	3,299664098
H ₂ O	3,1006 6	0,1722 6	75,55303 004	585,6602622
SiO ₂	0,1388 7	0,0002 3	43,13621 54	0,449300905
Total				589,4092272
Total Enthalpi Bahan masuk				46108,51857

Tabel IV.67 Enthalpi bahan Keluar Screw Conveyor (J-123)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <18>				
Na ₂ CO ₃	0,5375 7	0,0050 7	28,919	6,599658196
H ₂ O	6,2016 3	0,3445 3	75,55303 004	1171,379096
SiO ₂	1388,8	23,146 6	43,13621 54	44930,53981
CO ₂	0	0	38,41934 511	0
Total Enthalpi Bahan keluar				46108,51857

13. Sodium Carbonate Cooler (E-128)

Fungsi : Menurunkan suhu liquid Na₂CO₃ dari evaporator dari 100,20 °C ke 75°C



Keterangan :

Aliran <23> = Aliran feed yang keluar dari sodium carbonate pump

Aliran <25> = Aliran feed yang keluar dari sodium carbonate cooler

Aliran <58> = Aliran CWS

Aliran <59> = Aliran CWR

Tabel IV.68 Enthalpi bahan masuk sodium carbonate cooler (E-128)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <23>				
Na_2CO_3	2687,43	25,3531	28,919	55032,24185
H_2O	1338,18	74,3432	75,55303004	421595,7976
SiO_2	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000749433
Total				476628,0402

Tabel IV.69 Enthalpi bahan keluar sodium carbonate cooler (E-128)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <25>				
Na_2CO_3	2687,43	25,3531	28,919	36693,58121

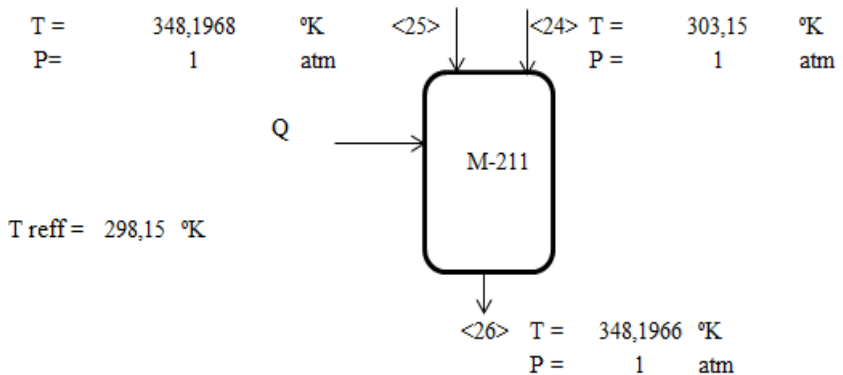
H ₂ O	1338,18	74,3432	75,553030 04	281105,38 69
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,136215 4	0,0004996 95
Total				317798,96 86

Tabel IV.70 Neraca Energi Total Sodium Carbonate Cooler (E-128)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
$\Delta H_{<23>}$	317798,9686	$\Delta H_{<25>}$	476628,0402
		ΔH_{cw}	-158.829,07
Total	317798,9686	Total	317798,9686

14. Mixer Feed Tank (M-211)

Fungsi : Menampung Larutan Na₂CO₃ 67% dengan penambahan zat aditif berupa padatan CaCO₃



Keterangan :

Aliran <25> = Aliran keluar dari sodium carbonate cooler

Aliran <24> = Aliran padatan CaCO_3

Aliran <26> = Aliran keluar dari mixer feed tank

Tabel IV.71 Enthalpi bahan masuk mixer feed tank M-211)

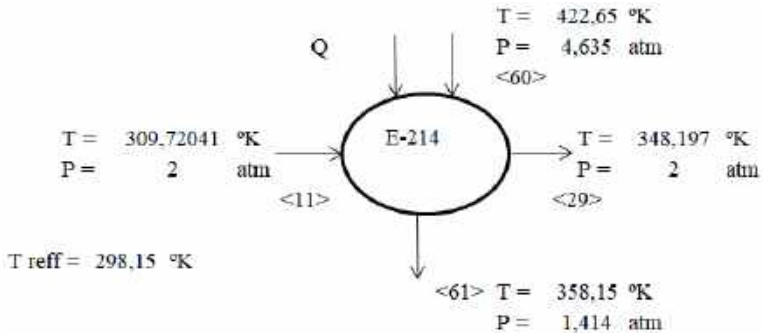
Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <25>				
Na_2CO_3	2687,43	25,3531	28,919	36693,58121
H_2O	1338,18	74,3432	75,55303004	281105,3869
SiO_2	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000499695
Total				317798,9686
Aliran <24>				
CaCO_3	0,13382	0,00134	20,61909859	0,137959989
Total				0,137959989
Total Enthalpi bahan masuk				317799,1066

Tabel IV.72 Enthalpi bahan keluar mixer feed tank (M-211)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <26>				
Na_2CO_3	2687,43	25,3531	28,919	36693,4377
H_2O	1338,18	74,3432	75,55303004	281104,2875
SiO_2	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000499694
CaCO_3	0,13382	0,00134	20,61909859	1,3808858
Total				317799,1066

15. CO₂ Heater (E-214)

Fungsi : Menaikan suhu Gas CO₂ sebelum masuk ke CSTR Crystallizer (X-210)



Keterangan :

Aliran <11> = Aliran Gas CO₂ masuk ke dalam CO₂ Heater

Aliran <29> = Aliran Gas CO₂ keluar dari CO₂ Heater

Aliran <60> = Aliran Cooling Water Supplai

Aliran <61> = Aliran Cooling Water Return

Tabel IV.73 Enthalpi bahan masuk CO₂ Heater (E-214)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <11>				
CO ₂	892,131	20,2757	38,41934511	9013,10545
Total				9013,10545

Tabel IV.74 Enthalpi bahan keluar CO₂ Heater (E-214)

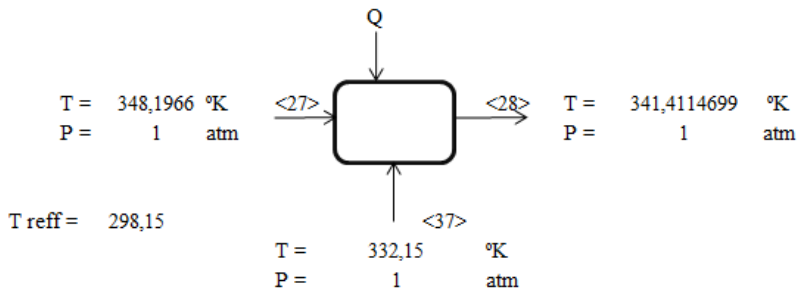
Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <29>				
CO ₂	892,131	20,2757	38,41934511	38985,4033
Total				38985,4033

Tabel IV.75 Neraca Energi Total CO₂ Heater (E-214)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
ΔH<11>	9013,105451	ΔH<29>	38985,40332
ΔHs <60>	38901,06071	ΔHs <61>	8928,762842
Total	47914,16616	Total	47914,16616

16. Globe 3 ways valve II (K-213)

Fungsi :mencampurkan larutan sodium carbonate dari mixer feed tank dengan aliran recycle



Keterangan :

Aliran <27> = Aliran dari mixer feed tank

Aliran <37> = Aliran recycle

Aliran <28> = Aliran masuk CSTR Crystallizer

Tabel IV.76 Enthalpi bahan masuk Globe 3 ways valve II (K-213)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <27>				
Na ₂ CO ₃	2687,4 3	25,353 1	28,919	36693,4377
H ₂ O	1338,1 8	74,343 2	75,55303 004	281104,287 5
SiO ₂	1,4E- 05	2,3E- 07	43,13621 54	0,00049969 4
CaCO ₃	0,1338 2	0,0013 4	20,61909 859	1,3808858
Aliran <37>				
Na ₂ CO ₃	894,61 4	8,4397 6	28,919	8298,35859 8
H ₂ O	1049,8 5	58,325	75,55303 004	149825,388 4
SiO ₂	0	0	43,13621 54	0
CaCO ₃	6,7E- 05	6,7E- 07	20,61909 859	0,00046929 9
NaHCO ₃	1,4200 1	0,0169	87,7	50,4009273 5

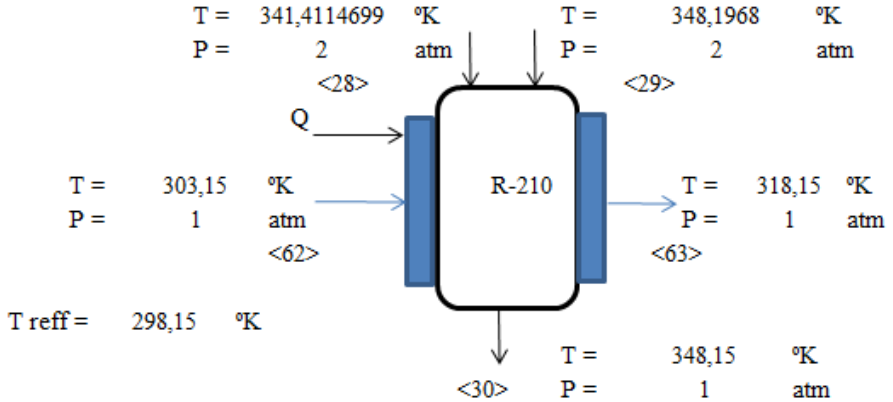
Total	475973,255
--------------	-------------------

Tabel IV.77 Enthalpi bahan keluar Globe 3 ways valve II (K-213)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <28>				
Na ₂ CO ₃	3582,0 4	33,792 8	28,919	42277,4762 4
H ₂ O	2388,0 3	132,66 8	75,55303 004	433630,454 1
SiO ₂	1,4E- 05	2,3E- 07	43,13621 54	0,00043194 7
CaCO ₃	0,1338 8	0,0013 4	20,61909 859	1,19426752 1
NaHCO ₃	1,4200 1	0,0169	87,7	64,1299471 3
Total				475973,255

17. CSTR Crystallizer (X-210)

Fungsi : Mereaksikan Larutan Na_2CO_3 dengan gas CO_2 untuk menghasilkan Kristal NaHCO_3 dengan pendinginan



Keterangan :

Aliran <28> = Aliran Feed Larutan Na_2CO_3 yang keluar dari mixer feed tank

Aliran <29> = Aliran Gas CO_2 yang keluar dari CO_2 Heater

Aliran <30> = Aliran Produk berupa Suspensi NaHCO_3 Kristal

Aliran <62> = Aliran Cooling

Water Supplai

Aliran <61> = Aliran Cooling

Water Return

Tabel IV.78 Enthalpi Standar reaktan CSTR Crystallizer (X-210)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)	ΔH_s
Aliran <28>					-514958,6583
Na ₂ CO ₃	3582,04	33,7928	28,919	-42277,476	
H ₂ O	2388,03	132,668	75,55303004	-433630,45	
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	-0,0004319	
CaCO ₃	0,13388	0,00134	20,61909859	-1,1942675	
NaHCO ₃	1,42001	0,0169	87,7	-64,129947	
Aliran <29>					
CO ₂	892,131	20,2757	38,41934511	-38985,403	

Tabel IV.79 Enthalpi Produk CSTR Crystallizer (X-210)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)	ΔH_s
Aliran <30>					747484,45
Na ₂ CO ₃	1791,02	16,8964	28,919	24431,36842	
H ₂ O	2083,89	115,772	75,55303004	437345,2064	
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000499228	
CaCO ₃	0,13388	0,00134	20,61909859	1,38029004	
NaHCO ₃	2837,18	33,8057	165,1003907	279066,7649	
CO ₂	148,688	3,37928	38,41934511	6491,491185	
NaHCO ₃ cair	2,84002	0,03381	87,7	148,2380216	

Tabel IV.80 Enthalpi Pembentukan Reaktan

Komponen	n (kmol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH_f (kJ)
Na ₂ CO ₃	33,79282593	-1130700	-38209548,28
H ₂ O	132,668133	-285800	-37916552,41
SiO ₂	2,31466E-07	-910900	-0,21084232
CaCO ₃	0,001338846	-1207100	-1616,12119
NaHCO ₃	0,016902853	-950800	-16071,23272
CO ₂	20,27569549	-393500	-7978486,174
Total			-84122274,43

Tabel IV.81 Enthalpi Pembentukan Produk

Komponen	n (kmol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH_f (kJ)
Na ₂ CO ₃	16,89641303	-1130700	-19104774,21
H ₂ O	115,7717185	-285800	-33087557,16
SiO ₂	2,31466E-07	-910900	-0,21084232
CaCO ₃	0,001338846	-1207100	-1616,12119
NaHCO ₃	33,80570619	-950800	-32142465,44
CO ₂	3,379282581	-393500	-1329747,696
NaHCO ₃ cair	0,033805706	-112650	-3808,212802
Total			-85669969,05

Tabel IV.82 Tabel Enthalpi Bahan masuk CSTR Crystallizer (X-210)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <28>				
Na ₂ CO ₃	3582,04	33,7928	28,919	42277,47624
H ₂ O	2388,03	132,668	75,55303004	433630,4541
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000431947

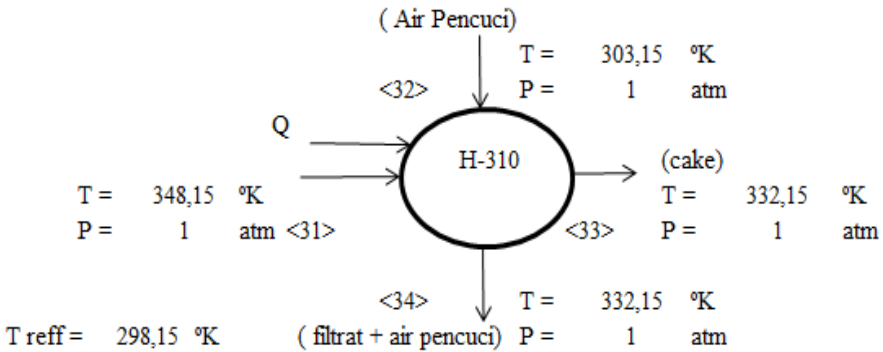
CaCO ₃	0,13388	0,00134	20,61909859	1,194267521
NaHCO ₃	1,42001	0,0169	87,7	64,12994713
Aliran <29>				
CO ₂	892,131	20,2757	38,41934511	38985,40332
Total				514958,66

Tabel IV.83 Tabel Enthalpi Bahan keluar CSTR Crystallizer (X-210)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <30>				
Na ₂ CO ₃	1791,02	16,8964	28,919	24431,36842
H ₂ O	2083,89	115,772	75,55303004	437345,2064
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000499228
CaCO ₃	0,13388	0,00134	20,61909859	1,38029004
NaHCO ₃	2837,18	33,8057	165,1003907	279066,7649
CO ₂	148,688	3,37928	38,41934511	6491,491185
NaHCO ₃ cair	2,84002	0,03381	87,7	148,2380216
ΔH cooling water				2.443.404,85
ΔH Rxn				-1.547.694,62
ΔH Kristalisasi				-1134735,856
Total				514.958,66

18. Rotary Drum Vacuum Filter (H-310)

Fungsi : Memisahkan Kristal NaHCO_3 dari mother liquor



Keterangan :

Aliran <31> = Aliran suspense kristal NaHCO_3 keluar dari CSTR Crystallizer

Aliran <33> = Aliran padatan kristal NaHCO_3 masuk ke Rotary Vacuum filter

Aliran <32> = Aliran Air Pencuci masuk

Aliran <34> = Aliran Air Pencuci keluar

Tabel IV.84 Tabel Enthalpi Bahan Masuk Rotary Vacuum Filter (H-310)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <31>				
Na_2CO_3	1791,02	16,8964	28,919	24431,36842
H_2O	2083,89	115,772	75,55303004	437345,2064

SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000499228
CaCO ₃	0,13388	0,00134	20,61909859	1,38029004
NaHCO ₃	2837,18	33,8057	165,1003907	279066,7649
CO ₂	148,688	3,37928	38,41934511	6491,491185
NaHCO ₃ cair	2,84002	0,03381	87,7	148,2380216
Aliran <32>				
H ₂ O	17,9102	0,99501	75,55303004	375,8804759
Total				741220,601

Tabel IV.85 Tabel Enthalpi Bahan keluar Rotary Vacuum Filter (H-310)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <33>				
Na ₂ CO ₃	1,79102	0,0169	28,919	16,61333053
H ₂ O	2,08389	0,11577	75,55303004	297,3947404
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,000339475
CaCO ₃	0,13375	0,00134	20,61909859	0,93765863
NaHCO ₃	2837,18	33,7719	165,1003907	189575,6347
CO ₂	148,688	3,37928	38,41934511	4414,214006
Aliran <33>				
Air Pencuci	0,01791	0,001	75,55303004	2,555987236
Aliran <34>				
Na ₂ CO ₃	1789,23	16,8795	28,919	16596,7172
H ₂ O	2081,81	115,656	75,55303004	297097,3456
SiO ₂	0	0	43,1362154	0
CaCO ₃	0,00013	1,3E-06	20,61909859	0,000938597
NaHCO ₃	2,84002	0,03381	87,7	100,8018547

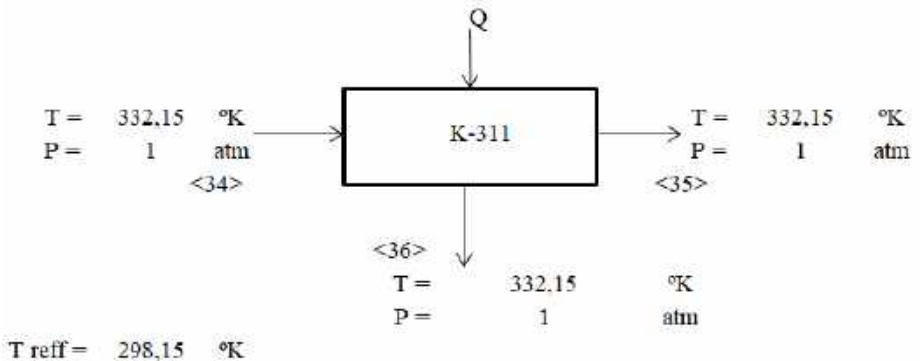
CO ₂	0	0	38,41934511	0
Aliran <34>				
Air Pencuci	17,8923	0,99402	75,55303004	2553,431249
Total				506241,4337

Tabel IV.86 Neraca Energi Total Rotary Vacuum Filter (H-310)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
ΔH in	741220,601	ΔH out	506241,4337
		Q serap	234979,167
Total	741220,601	Total	741220,601

19. Globe Valve 3 ways III (K-311)

Membagi aliran filtrat dari rotary vacuum filter (H-310) menjadi aliran recycle dan aliran purge



Keterangan :

Aliran <34> = Aliran masuk keluar dari rotary vacuum filter

Aliran <35> = Aliran recycle keluar 3 ways valve

Aliran <36> = Aliran purge keluar 3 ways Valve

Tabel IV.87 Tabel Enthalpi Bahan masuk Globe Valve 3 ways III (K-311)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <34>				
Na ₂ CO ₃	1789,23	16,8795	28,919	16596,7172
H ₂ O	2081,81	115,656	75,55303004	297097,3456
SiO ₂	0	0	43,1362154	0
CaCO ₃	0,00013	1,3E-06	20,61909859	0,000938597
NaHCO ₃	2,84002	0,03381	87,7	100,8018547
CO ₂	0	0	38,41934511	0
Total				313794,8656

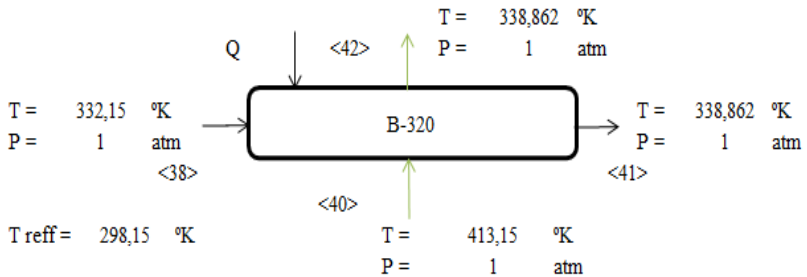
Tabel IV.88 Tabel Enthalpi Bahan keluar Glove Valve 3 ways III (K-311)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <35>				
Na ₂ CO ₃	894,614	8,43976	28,919	8298,358598

H ₂ O	1040,9	57,828	75,553 03004	148548,672 8
SiO ₂	0	0	43,136 2154	0
CaCO ₃	6,7E-05	6,7E- 07	20,619 09859	0,00046929 9
NaHCO ₃	1,42001	0,0169	87,7	50,4009273 5
CO ₂	0	0	38,419 34511	0
Aliran <36>				
Na ₂ CO ₃	894,614	8,4397 6	28,919	8298,35859 8
H ₂ O	1040,9	57,828	75,553 03004	148548,672 8
SiO ₂	0	0	43,136 2154	0
CaCO ₃	6,7E-05	6,7E- 07	20,619 09859	0,00046929 9
NaHCO ₃	1,42001	0,0169	87,7	50,4009273 5
CO ₂	0	0	38,419 34511	0
Total				313794,865 6

20. Rotary Dryer (B-320)

Fungsi : menguapkan air dan akan menghasilkan produk dengan kandungan air 0,01%



Keterangan :

Aliran <38> = Aliran kristal NaHCO_3 masuk ke dalam rotary dryer

Aliran <41> = Aliran kristal NaHCO_3 keluar dari rotary dryer

Aliran <40> = Aliran Udara masuk ke dalam rotary dryer

Aliran <42> = Aliran udara keluar dari rotary dryer

Tabel IV.89 Enthalpi Bahan Masuk Rotary Dryer (B-320)

Komponen n	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <38>				
Na_2CO_3	1,7910 2	0,0169	28,919	16,61333053
H_2O	2,0838 9	0,1157 7	75,5530300 4	297,3947404
SiO_2	1,4E- 05	2,3E- 07	43,1362154	0,000339475
CaCO_3	0,1337 5	0,0013 4	20,6190985 9	0,93765863

NaHCO ₃	2837,1 8	33,771 9	165,100390 7	189575,6347
CO ₂	0	0	38,4193451 1	0
Aliran <40>				
ΔH gas inlet				108818,0966
Total				298708,677

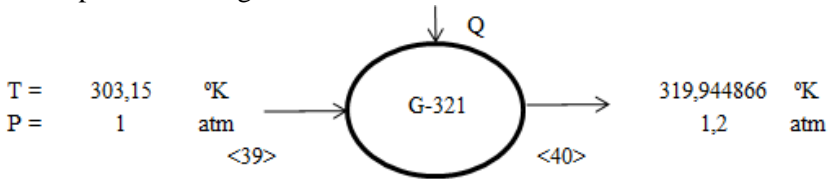
Tabel IV.90 Enthalpi Bahan Keluar Rotary Dryer (B-320)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <41>				
Na ₂ CO ₃	0	0	28,919	0
H ₂ O	0,2825 2	0,0157	75,5530300 4	48,2781617 9
SiO ₂	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,00040445 9
CaCO ₃	0,1330 8	0,0013 3	20,6190985 9	1,11714965 7
NaHCO ₃	2822,9 9	33,603	165,100390 7	225865,094 9
CO ₂	0	0	38,4193451 1	0
Aliran <42>				
Na ₂ CO ₃	0	0	28,919	0
H ₂ O	0	0	75,5530300 4	0
SiO ₂	6,9E-08	1,2E-09	43,1362154	2,03246E- 06

CaCO ₃	0,0006 7	6,7E-06	20,6190985 9	0,00561381 7
NaHCO ₃	14,185 9	0,1688 6	165,100390 7	1135,00047 7
CO ₂	0	0	38,4193451 1	0
ΔH gas outlet				71659,1807 7
Total				298708,677

21. Blower (G-321)

Fungsi : Memasukan udara kedalam rotary dryer sebelum dipanaskan dengan burner



Keterangan :

Aliran <39> = Aliran Udara masuk ke Blower

Aliran <40> = Aliran Udara keluar dari Blower

Tabel IV.91 Enthalpi Bahan masuk Blower (G-321)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <39>				
N ₂	496,77 5	17,742	27,26992	2419,108118

O ₂	132,05 4	4,1266 9	30,703602	633,5209764
Air	13,834 2	0,7685 7	33,6084815 4	129,152085
Total				3181,78118

Tabel IV.92 Enthalpi Bahan keluar Blower (G-321)

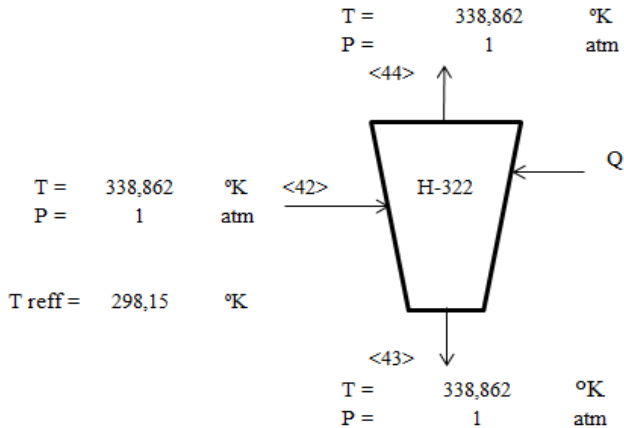
Komponen	m (kg)	n (kmol)	C _p (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <40>				
N ₂	496,77 5	17,742	27,26992	10544,8273 8
O ₂	132,05 4	4,1266 9	30,703602	2761,50093 9
Air	13,834 2	0,7685 7	33,6084815 4	562,970473 6
Total				13869,2987 9

Tabel IV.93 Neraca Total Blower (G-321)

Aliran Panas Masuk (kJ)		Aliran Panas Keluar (kJ)	
ΔH<39>	3181,781	ΔH<40>	13869,29879
ΔH lepas	10687,51761		
Total	13869,299	Total	13869,299

22. Cyclone (H-322)

Fungsi : Memisahkan Gas (Udara & air) dengan Kristal NaHCO_3



Keterangan:

Aliran <42> = Aliran gas masuk cyclone

Aliran <43> = Aliran gas keluar cyclone jatuh ke belt conveyor 2

Aliran <44> = Aliran gas keluar cyclone keluar atmosfer

Tabel IV.94 Enthalpi Bahan masuk Cyclone (H-322)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <42>				
Na_2CO_3	0	0	28,919	0
H_2O	0	0	75,5530300 4	0

SiO ₂	6,9E-08	1,2E-09	43,1362154	2,03246E-06
CaCO ₃	0,00067	6,7E-06	20,61909859	0,005613817
NaHCO ₃	14,1859	0,16886	165,1003907	1135,000477
CO ₂	0	0	38,41934511	0
Udara:				
N ₂	496,775	17,742	27,26992	19697,34594
O ₂	132,054	4,12669	30,703602	5158,381198
Air	13,8342	0,76857	33,60848154	1051,607937
Total				27042,341

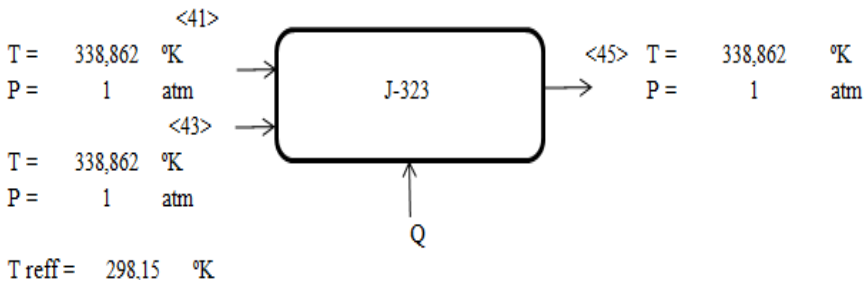
Tabel IV.95 Enthalpi Bahan keluar Cyclone (H-322)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <43>				
NaHCO ₃	14,1717	0,16869	165,1003907	1133,865476
H ₂ O	0	0	75,55303004	0
SiO ₂	6,9E-08	1,2E-09	43,1362154	2,03043E-06
CaCO ₃	0,00067	6,7E-06	20,61909859	0,005608204
Udara:				
N ₂	0	0	27,26992	0
O ₂	0	0	30,703602	0

Air	0	0	33,6084815 4	0
Aliran <44>				
NaHCO ₃	0,0141 9	0,0001 7	165,100390 7	1,135000477
H ₂ O	0	0	75,5530300 4	0
SiO ₂	6,9E- 11	1,2E- 12	43,1362154	2,03246E-09
CaCO ₃	6,7E- 07	6,7E- 09	20,6190985 9	5,61382E-06
Udara:				
N ₂	496,77 5	17,742	27,26992	19697,34594
O ₂	132,05 4	4,1266 9	30,703602	5158,381198
Air	13,834 2	0,7685 7	33,6084815 4	1051,607937
Total				27042,341

23. Belt Conveyor II (J-323)

Fungsi : mentransportasi krisral keluaran dari rotary dryer & cyclone masuk ke unit Bagging



Keterangan :

Aliran <41> = Aliran Kristal NaHCO_3 keluar dari rotary dryer

Aliran <43> = Aliran Kristal NaHCO_3 keluar dari cyclone

Aliran <45> = Aliran Kristal keluar dari Belt Conveyor II

Tabel IV.96 Enthalpi Bahan masuk Belt Conveyor II (J-323)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <43>				
NaHCO_3	14,171 7	0,1686 9	165,100390 7	1133,86547 6
H_2O	0	0	75,5530300 4	0
SiO_2	6,9E- 08	1,2E- 09	43,1362154	2,03043E- 06
CaCO_3	0,0006 7	6,7E- 06	20,6190985 9	0,00560820 4
Udara:				
N_2	0	0	27,26992	0
O_2	0	0	30,703602	0
Air	0	0	33,6084815 4	0
Aliran <41>				
NaHCO_3	2822,9 9	33,603	165,100390 7	225865,094 9
H_2O	0,2825 2	0,0157	75,5530300 4	48,2781617 9
SiO_2	1,4E- 05	2,3E- 07	43,1362154	0,00040445 9

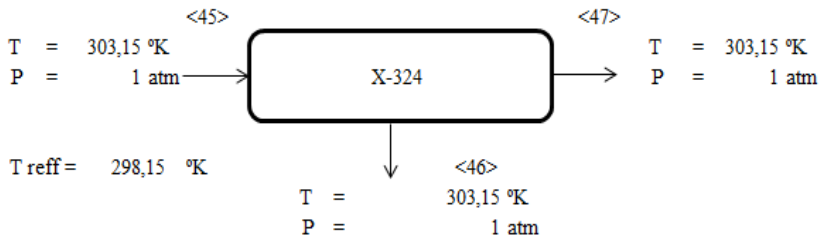
CaCO ₃	0,1330 8	0,0013 3	20,6190985 9	1,11714965 7
Total				227048,361 7

Tabel IV.97 Enthalpi Bahan Keluar Belt Conveyor II (J-323)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <45>				
NaHCO ₃	2837,1 6	33,771 7	165,100390 7	226998,960 3
H ₂ O	0,2825 2	0,0157	75,5530300 4	48,2781617 9
SiO ₂	1,4E- 05	2,3E- 07	43,1362154	0,00040649
CaCO ₃	0,1337 5	0,0013 4	20,6190985 9	1,12275786 1
Udara:				
N ₂	0	0	27,26992	0
O ₂	0	0	30,703602	0
Air	0	0	33,6084815 4	0
Total				227048,361 7

24. Classifier (X-324)

Fungsi : memisahkan ukuran kristal NaHCO_3 yang masuk ke dalam on spec (120 mesh) dan yang off spec (kurang/ lebih dari 120 mesh)



Keterangan :

Aliran <45> = aliran kristal NaHCO_3 masuk classifier

Aliran <46> = Aliran Kristal NaHCO_3 (off spec) keluar classifier

Aliran <47> = Aliran kristal NaHCO_3 (on spec) keluar classifier

Tabel IV.98 Enthalpi Bahan Masuk Classifier (X-324)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <45>				
NaHCO_3	2837,16	33,7717	165,1003907	226998,9603
H_2O	0,28252	0,0157	75,55303004	48,27816179
SiO_2	1,4E-05	2,3E-07	43,1362154	0,00040649
CaCO_3	0,13375	0,00134	20,61909859	1,122757861

Total	227048,3617
--------------	--------------------

Tabel IV.99 Enthalpi Bahan keluar Classifier (X-324)

Komponen	m (kg)	n (kmol)	Cp (kJ/kmol)	ΔH (kJ)
Aliran <46>				
NaHCO ₃	2780,4 2	33,096 3	165,100390 7	222458,9811
H ₂ O	0,2768 7	0,0153 8	75,5530300 4	47,31259855
SiO ₂	1,4E- 05	2,3E- 07	43,1362154	0,00039836
CaCO ₃	0,1310 8	0,0013 1	20,6190985 9	1,100302704
Aliran <47>				
NaHCO ₃	56,743 3	0,6754 3	165,100390 7	4539,979207
H ₂ O	0,0056 5	0,0003 1	75,5530300 4	0,965563236
SiO ₂	2,8E- 07	4,6E- 09	43,1362154	8,12979E-06
CaCO ₃	0,0026 8	2,7E- 05	20,6190985 9	0,022455157
Total				227048,3617

BAB V

DAFTAR & HARGA PERALATAN

Berikut adalah Peralatan yang digunakan pada pabrik Sodium Bicarbonate (NaHCO_3):

1. Water Glass Mixing Tank (M-111)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
<u>Nama Alat</u>	=	<u>Waterglass Mixing Tank</u>	
<u>Fungsi</u>	=	<u>Mengencerkan larutan Waterglass 27.7% hingga konsentrasinya menjadi 1 mol/L</u>	
<u>Kapasitas Tangki</u>	=	1167,465 ft ³ /jam	= 33,0589 m ³ /jam
<u>Jumlah Tangki</u>	=	1 buah	
<u>Bentuk</u>	=	<u>Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan atas berbentuk dished head</u>	
<u>Ukuran</u>	=		
<u>Diameter</u>	=	126,00 In	= 3,2004 m
<u>Tinggi</u>	=	19,41 Ft	= 5,9175 m
<u>Tebal shell</u>	=	0,250 in	= 0,635 cm
<u>Tebal tutup atas</u>	=	0,25 In	= 0,635 cm
<u>Tebal tutup bawah</u>	=	0,25 In	= 0,635 cm
<u>Pengaduk</u>	=		
<u>Jenis</u>	=	Flat six blade turbine with disk	
<u>Diameter</u>	=	113 In	= 2,8804 m
<u>Power</u>	=	2,3466 HP	= 1,7499 KW
<u>Jumlah</u>	=	1 Buah	
<u>Kecepatan putar</u>	=	39,809 Rpm	
<u>Daya motor</u>	=	0,506 Hp	
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 8.930,915	

2. Water Glass Feed Pump (L-112)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= <u>Waterglass Feed Pump</u>
<u>Fungsi</u>	= <u>Memompa larutan waterglass 1 mol/L ke reaktor (R-110) & menaikan tekanan hingga tekanan operasi pada reaktor (R-110).</u>
<u>Tipe alat</u>	= <u>Centrifugal Pump</u>
<u>Bahan pipa</u>	= <u>Steinless steel</u>
<u>Kapasitas</u>	= <u>33,399 m³</u>
<u>Power pompa</u>	= <u>2,7114 HP</u>
<u>Head pompa</u>	= <u>15,298 m</u>
<u>Power Motor</u>	= <u>3,2278 HP</u>
<u>Jumlah</u>	= <u>1 buah</u>
<u>Ukuran pipa</u>	= <u>4 In sch 40</u>
<u>Harga Peralatan</u>	= <u>\$ 1.808,79</u>

3. Water Glass Heater (E-113)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= <u>Water Glass Heater</u>
<u>Tipe</u>	= <u>1-2 Shell and Tube Exchanger</u>
<u>Jumlah</u>	= <u>1 buah</u>
<u>Bagian shell</u>	=
<u>ID</u>	= <u>45 in = 1,143 m</u>
<u>Baffle spacing</u>	= <u>9 in = 0,2286 m</u>
<u>Bagian tube</u>	=
<u>OD</u>	= <u>2/3 in = 1,70 cm</u>
<u>Jumlah</u>	= <u>671 buah</u>
<u>Ukuran</u>	= <u>4 BWG; Panjang 20 in; 3/4 triangular pitch</u>
<u>Passes</u>	= <u>8</u>
<u>Harga Alat</u>	= <u>\$ 8.207,397</u>

4. CO₂ Feed Storage Tank (F-114)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama Alat</u>	= CO ₂ Feed Storage Tank
<u>Fungsi</u>	= <u>Menampung bahan baku CO₂ selama 30 hari</u>
<u>Kapasitas</u>	
<u>Tangki</u>	= 1283815,97 Kg
	<u>Bua</u>
<u>Jumlah Tangki</u>	= 1 <u>h</u>
<u>Bentuk</u>	= Spherical Tank
<u>Ukuran</u>	=
<u>Diameter</u>	= 11 M = 433,07 in
<u>Tebal shell</u>	= 0,24 Cm = 0,0945 in
<u>Bahan</u>	= High Alloy Steel 3A 240 Grade B
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 7.009,072

5. CO₂ Feed Compressor (G-115)

<u>Spesifikasi Alat</u>		=
<u>Nama</u>	=	CO ₂ <u>Kompresor</u>
<u>Fungsi</u>	=	<u>Menaikkan tekanan Gas CO₂ menuju CO₂ Heater (E-117/124)</u>
<u>Tipe</u>	=	Centrifugal
<u>Kapasitas</u>	=	1.808,48 m ³ /jam
<u>Tekanan masuk</u>	=	14,69 psia
<u>Tekanan keluar</u>	=	29,4 psia
<u>Power compressor</u>	=	35,17 hp
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 14.006,84

6. Globe Valve 3 Ways I (K-116)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
Nama	: Globe 3 ways Valve I
<u>Fungsi</u>	: <u>Membagi Aliran Gas CO2 untuk Reaktor 1 (R-110) & CSTR Crystallizer (X-210)</u>
Flow characteristic	: Equal percentage
<u>Pressure drop</u>	: 0,00408 $\frac{at}{m}$
Valve Action	: Flow to open
<u>Tipe valve</u>	: Globe valve
<u>Cv</u>	: 7,23
Valve size	: 0,02 M
Trim size	: 0,01 M
Stroke	: 0,02 M
Luas area valve	: 0,0003 m^2
<u>Harga Peralatan</u>	: \$ 2.374,041

7. CO₂ Heater (E-117)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
Nama	= CO2 Heater
<u>Tipe</u>	= 1-2 Shell and Tube Exchanger
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>Buah</u>
<u>Bagian shell</u>	=
ID	= 32 In = 0,8128 m
Baffle spacing	= 6,4 In = 0,1626 m
<u>Bagian tube</u>	=
OD	= 4/9 In = 1,14 cm
<u>Jumlah</u>	= 540 <u>Buah</u>
	4 <u>BWG:Panjang</u> 14 in; 7/16 in triangular
<u>Ukuran</u>	= pitch
Passes	= 4
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 8.207,4

8. Continuous Stirrer Tank Reactor (R-110)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
<u>Nama Alat</u>	=	Continuous Stirrer Tank Reactor	
<u>Fungsi</u>	=	Mereaksikan Waterglass konsentrasi 1 mol/L dengan gas CO ₂	
<u>Kapasitas Reaktor</u>	=	1251,684 ft ³ /jam	= 35,4437 m ³ /jam
<u>Jumlah Reaktor</u>	=	1 Buah	
<u>Bentuk</u>	=	Silinder tegak dengan bagian tutup atas dan bawah berbentuk dished head dilengkapi dengan pengaduk, jaket pendingin dan sparger.	
<u>Ukuran</u>	=		
<u>Diameter</u>	=	168,00 In	= 4,2672 m
<u>Tinggi</u>	=	309,53 In	= 7,8621 m
<u>Tebal shell</u>	=	0,188 in	= 0,476 cm
<u>Tebal tutup atas</u>	=	3/16 In	= 0,4763 cm
<u>Tebal tutup bawah</u>	=	3/16 In	= 0,4763 cm
<u>Pengaduk</u>	=		
<u>Jenis</u>	=	Flat six blade turbine with disk	
<u>Diameter</u>	=	56,00 in	= 1,4224 m
<u>Power</u>	=	7,9251 HP	= 5,9098 KW
<u>Jumlah</u>	=	1 buah	
<u>Kecepatan putar</u>	=	39,809 Rpm	
<u>Daya motor</u>	=	11,322 Hp	
<u>Jaket pendingin</u>	=		
<u>Tebal jaket</u>	=	0,48 In	= 1,2163 cm
<u>Tebal tutup bawah</u>	=	0,8322 In	= 2,1137 cm
<u>Sparger ring</u>	=		
<u>Diameter sparger</u>	=	66,891 in	= 1,6983
<u>Jumlah hole</u>	=	26614	
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 30.500	

9. Feed Pump (L-121)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Feed Pump
<u>Fungsi</u>	= <u>Memompa suspensi yang keluar dari Reaktor 1 (R-110) Menuju Disk Centrifuge (H-120)</u>
<u>Tipe alat</u>	= Rotary Pump
<u>Bahan pipa</u>	= <u>Steinless steel</u>
<u>Kapasitas</u>	= 32,74 m ³
<u>Power pompa</u>	= 0,37 HP
<u>Head pompa</u>	= 2,31 M
<u>Power Motor</u>	= 0,41 HP
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>Buah</u>
<u>Ukuran pipa</u>	= 3,2 in 32
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 5.200,3

10. Liqour Pump (L-122)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Screw Conveyor
<u>Fungsi</u>	= <u>Mengangkut padatan SiO₂ dari Disk Centrifuge (H-120) & Catridge Filter (H-124) ke unit bagging</u>
<u>Tipe</u>	= Screw conveyor assembly with feed hopper and discharge chute
<u>Kapasitas</u>	= 1.396 kg/jam
<u>Dimensi</u>	= Panjang = 25 ft = 7,62 M
	Elevated = 12 ft = 3,66 M
	Diameter = 16 in = 0,41 M
<u>Kecepatan</u>	= 2,59 rpm = 16 m/menit
<u>Power motor</u>	= 0,75 HP
<u>Bahan</u>	= Carbon Steel
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>Buah</u>
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 12.322,40

11. Screw Conveyor (J-123)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Screw Conveyor
<u>Fungsi</u>	= <u>Mengangkut padatan SiO₂ dari Disk Centrifuge (H-120) & Catridge Filter (H-124) ke unit bagging</u>
<u>Tipe</u>	= Screw conveyor assembly with feed hopper and discharge chute
<u>Kapasitas</u>	= 1.396 kg/jam
<u>Dimensi</u>	= Panjang = 25 ft = 7,62 M Elevated = 12 ft = 3,66 M Diameter = 16 in = 0,41 M
<u>Kecepatan</u>	= 2,59 rpm = 16 m/menit
Power motor	= 0,75 HP
<u>Bahan</u>	= Carbon Steel
<u>Jumlah</u>	= 1 Buah
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 12.322,40

12. Silicon Catridge Filter (H-124)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Silicon <u>Catridge</u> Filter
<u>Fungsi</u>	= <u>Menyaring sisa Padatan SiO₂ dalam larutan Na₂CO₃ yang keluar dari Disk Centrifuge (H-120)</u>
<u>Tipe</u>	= <u>Catridge</u> Filter medium viscous 24 x
Face dimension	= 24 in ²
Depth gasket	= 11,50 In
<u>Kapasitas</u>	= 1.000 ft ³ /s
<u>Efisiensi</u>	= 99,97 - 100 %
<u>Arrestance</u>	= 100%
Volume rate	= 30,10 m ³ /jam
Luas Filter	= 1,5 m ²
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 5087,23

13. Disk Centrifuge (H-120)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
<u>Nama alat</u>	=	Disk Centrifuge	
<u>Fungsi</u>	=	<u>Memisahkan padatan dengan mother Liqour</u>	<u>SiO₂</u>
<u>Bowl diameter</u>	=	13	in
<u>Kecepatan putar</u>	=	5500	r/m
<u>kekuatan motor</u>	=	6	hp
<u>D disk</u>	=	19,5	in
<u>Jumlah lubang</u>	=	144	<u>buah</u>
<u>Jarak antar lubang</u>	=	0,4	mm
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 16.166,09	

14. Evaporator (V-125)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
<u>Nama</u>	=	Evaporator	
<u>Fungsi</u>	=	<u>Memekatkan Larutan Na₂CO₃ sebelum masuk ke Mixer Feed Tank (M-211)</u>	
<u>Tipe</u>	=	Vertical Short Tube Evaporator	
<u>Bahan</u>	=	High Alloy Steel SA - 167 Grade 3	<u>Tipe 304</u>
<u>Kapasitas</u>	=	1193,72	ft ³ /jam = 33,8025 m ³ /jam
<u>Luas Evaporator</u>	=	162,48	m ²
<u>Ukuran tube</u>	=	1 ½	In = 0,03810 m
<u>Ukuran pitch</u>	=	1 7/8	in ² = 0,001210 m ²
<u>Jumlah tube</u>	=	78	tube
<u>Bagian drum :</u>			
<u>Tinggi</u>	=	6,6	m
<u>Tebal silinder</u>	=	5/8	in = 1,5875 Cm
<u>Tebal tutup</u>	=	½	in = 1,2700 Cm
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 87.794,284	

15. Evaporator Pump (L-126)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
<u>Nama</u>	=	Evaporator Pump	
<u>Fungsi</u>	=	<u>Memompa</u> liquid yang <u>keluar dari</u> Evaporator (V-125)	
		<u>menuju</u> Mixer Feed Tank (M-211)	
<u>Tipe alat</u>	=	Centrifugal Pump	
<u>Bahan pipa</u>	=	<u>Steinless steel</u>	
<u>Kapasitas</u>	=	2,40	m ³
<u>Power pompa</u>	=	0,08	HP
<u>Head pompa</u>	=	4,40	M
<u>Power Motor</u>	=	0,09	HP
<u>Jumlah</u>	=	1	<u>buah</u>
<u>Ukuran pipa</u>	=	1,2	in <u>sch 12</u>
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 2.826,24	

16. Condensor (E-127)

<u>Spesifikasi Alat :</u>		
<u>Nama</u>	=	<u>Condensor</u>
<u>Fungsi</u>	=	<u>Mengkondensasikan Vapor keluar dari Evaporator</u>
<u>Jenis</u>	=	<u>Shell and tube (2-4 HE)</u>
<u>Jumlah</u>	=	<u>1 Buah</u>
<u>Bahan Konstruksi</u>	=	<u>Carbon Steel SA-283 Grade C</u>
<u>Luas area</u>	=	<u>4,59 m²</u>
<u>Temperatur</u>		
<u>T₁</u>	=	<u>373,209111 K</u>
<u>T₂</u>	=	<u>303,1647 K</u>
<u>t₁</u>	=	<u>303,15 K</u>
<u>t₂</u>	=	<u>318,15 K</u>
Tube		
<u>OD</u>	=	<u>0,04 m</u>
<u>ID</u>	=	<u>0,02 m</u>
<u>Length</u>	=	<u>3,66 m</u>
<u>Jumlah tube</u>	=	<u>10</u>
<u>Pitch</u>	=	<u>0,11 m triangular</u>
<u>ΔP tube</u>	=	<u>0,22 atm</u>
Shell		
<u>ΔP shell</u>	=	<u>0,270 atm</u>
<u>ID shell</u>	=	<u>0,81 m</u>
<u>Fouling factor</u>	=	<u>0,00038 s.m².K/J</u>
<u>Harga Peralatan</u>	=	<u>\$ 8.252,62</u>

17. Sodium Carbonate Cooler (E-128)

<u>Spesifikasi Alat :</u>				
<u>Nama</u>	=	Sodium Carbonate Cooler		
<u>Tipe</u>	=	1-2 Shell and Tube Exchanger		
<u>Jumlah</u>	=	1	<u>buah</u>	
<u>Bagian shell</u>	=			
ID	=	45	In	= 1,143 M
Baffle spacing	=	9	In	= 0,2286 M
<u>Bagian tube</u>	=			
OD	=	2/3	In	= 1,75 Cm
<u>Jumlah</u>	=	1200	<u>Buah</u>	
<u>Ukuran</u>	=	8 BWG; Panjang 28 in; 9/20 triangular pitch		
Passes	=	8		
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 8207,4		

18. Mixer Feed Tank (M-211)

<u>Spesifikasi Alat :</u>				
<u>Nama Alat</u>	=	Mixer Feed Tank		
<u>Fungsi</u>	=	mencampurkan feed larutan Na_2CO_3 dengan zat aditif berupa padatan CaCO_3		
<u>Kapasitas Tangki</u>	=	398,658	ft^3/jam	= 11,2887 m^3/jam
<u>Jumlah Reaktor</u>	=	1	<u>Buah</u>	
<u>Bentuk</u>	=	Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan atas berbentuk dished head		
<u>Ukuran</u>	=			
Diameter	=	96,00	in	= 2,4384 M
Tinggi	=	14,84	ft	= 4,522 M
Tebal shell	=	0,188	in	= 0,476 Cm
Tebal tutup atas	=	0,1875	in	= 0,4763 Cm
Tebal tutup bawah	=	0,1875	in	= 0,4763 Cm
<u>Pengaduk</u>	=			
<u>Jenis</u>	=	Flat six blade turbine with disk		
Diameter	=	86	in	= 2,1946 m
Power	=	0,418	HP	= 0,3117 KW
Jumlah	=	1	<u>buah</u>	
Kecepatan putar	=	39,809	rpm	
Daya motor	=	0,293	hp	
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 10.287,5		

19. Sodium Carbonate Pump (L-212)

<u>Spesifikasi Alat :</u>		
<u>Nama</u>	=	Sodium Carbonate Pump
<u>Fungsi</u>	=	Memompa feed berupa larutan Na_2CO_3 menuju CSTR Crystallizer (X-210)
<u>Tipe alat</u>	=	Centrifugal Pump
<u>Bahan pipa</u>	=	Stainless steel
<u>Kapasitas</u>	=	2,40 m^3
<u>Power pompa</u>	=	0,02 HP
<u>Head pompa</u>	=	1,30 m
<u>Power Motor</u>	=	0,03 HP
<u>Jumlah</u>	=	1 Buah
<u>Ukuran pipa</u>	=	1,2 in sch 12
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 1.808,8

20. Globe Valve 3 Ways II (K-213)

<u>Spesifikasi Alat :</u>		
<u>Nama</u>	=	Globe 3 ways Valve II
<u>Fungsi</u>	=	menggabungkan aliran recycle & aliran fresh feed menuju CSTR Crystallizer (X-210)
<u>Flow characteristic</u>	=	Equal percentage
<u>Pressure drop</u>	=	0,00204 atm
<u>Valve Action</u>	=	Flow to open
<u>Tipe valve</u>	=	Globe valve
<u>Cv</u>	=	9,79
<u>Valve size</u>	=	0,02 M
<u>Trim size</u>	=	0,02 M
<u>Stroke</u>	=	0,02 M
<u>Luas area valve</u>	=	0,0002 m^2
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 2.374,04

21. CO₂ Heater (E-214)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
Nama	=	CO2 Heater	
<u>Tipe</u>	=	1-2 Shell and Tube Exchanger	
<u>Jumlah</u>	=	1	<u>buah</u>
<u>Bagian shell</u>	=		
ID	=	30	In = 0,762 m
Baffle spacing	=	6	In = 0,1524 m
<u>Bagian tube</u>	=		
OD	=	1/2	In = 1,22 cm
<u>Jumlah</u>	=	690	<u>buah</u>
<u>Ukuran</u>	=	4 BWG; Panjang 14 in; 32/67 in triangular pitch	
Passes	=	6	
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 8.207,4	

22. Globe 3 ways Valve III (K-311)

<u>Spesifikasi Alat :</u>			
Nama	=	Globe 3 ways Valve III	
<u>Fungsi</u>	=	<u>Membagi aliran ke recycle & purge larutan Na₂CO₃</u>	
Flow characteristic	=	Equal percentage	
<u>Pressure drop</u>	=	0,00204	<u>atm</u>
Valve Action	=	Flow to open	
<u>Tipe valve</u>	=	Globe valve	
<u>Cv</u>	=	6,21	
Valve size	=	0,01	m
Trim size	=	0,01	m
Stroke	=	0,02	m
Luas area valve	=	0,0001	m ²
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 2.374,046	

23. Recycle Pump (L-312)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
Nama	= Recycle Pump
Fungsi	= Memompa mother liquor berupa larutan Na_2CO_3 untuk direaksikan kembali ke CSTR Crystallizer (X-210)
Tipe alat	= Rotary Pump
Bahan pipa	= Stainless steel
Kapasitas	= 1,41 m^3
Power pompa	= 0,05 HP
Head pompa	= 5,80 M
Power Motor	= 0,06 HP
Jumlah	= 1 Buah
Ukuran pipa	= 1,6 in sch 16
Harga Peralatan	= \$ 1.921,84

24. Crystall Pump (L-215)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
Nama	= Crsvtall Pump
Fungsi	= Memompa suspensi yang keluar dari Crystallizer (X-210) menuju ke Rotary Drum Vacuum Filter (H-310)
Tipe alat	= Rotary Pump
Bahan pipa	= Stainless steel
Kapasitas	= 4,16 m^3
Power pompa	= 0,14 HP
Head pompa	= 4,40 M
Power Motor	= 0,15 HP
Jumlah	= 1 buah
Ukuran pipa	= 2 in sch 20
Harga Peralatan	= \$ 3.391,486

25. CSTR Crystallizer (X-210)

Nama	=	CSTR Crystallizer
Fungsi	=	mencaksikan Larutan Induk Na_2CO_3 dengan Gas CO_2 sekaligus membentuk padatan kristal pada NaHCO_3
Jenis	=	CSTR Crystallizer
Jumlah	=	1
Bahan Konstruksi	=	Stainless Steel SA-240 Grade S tipe 304
Kapasitas	=	8,99 m^3
Tinggi bejana	=	9,144 M
Diameter bejana,		
OD	=	6,096 M
ID	=	6,11 m
Tebal silinder bejana	=	0,0048 m
Tutup atas	=	Standard dished head
Tebal, t_a	=	0,0048 m
Tinggi, h_a	=	1,0302 m
Tutup bawah	=	Dished Head
Tebal, t_b	=	0,0048 m
Tinggi, h_b	=	9,5238 m
Pengaduk	=	flat six-blade open turbin
Power	=	15465,42 HP
Nozzle	=	2,5 in sch 40
Media pendingin	=	Air
A	=	53,826 ft^2
Tebal jaket	=	0,6096 m
Harga Peralatan	=	\$ 48.159,110

26. Rotary Drum Vacuum Filter (H-310)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
Nama	= Rotary Drum Vacuum Filter
Fungsi	= Memisahkan padatan kristal NaHCO_3 di dalam Mother liquor
Tipe	= Rotary drum vacuum filter
Kapasitas	= 6881,66 kg/jam
Laju filtrasi	= 0.0007 m^3 filtrat/det
Bahan	=
• Drum	= Carbon Steel
• Filter	= Nylon
Luas	= 0,965 m^2
Jumlah	= 1 buah
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 25.628,34

27. Belt Conveyor I (J-313)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
Nama	= Belt Conveyor I
<u>Fungsi</u>	= <u>Mengangkut</u> Cake <u>berupa Padatan</u> Kristal NaHCO_3 <u>dari</u> rotary drum vacuum filter (H-310) <u>menuju</u> Rotary Dryer (B-320)
<u>Tipe</u>	= Flat belt conveyor 45° idler
<u>Dimensi :</u>	
<u>Panjang Belt</u>	= 10 m = 32,81 Ft
<u>Lebar Belt</u>	= 0,100 m = 0,33 Ft
<u>Kecepatan</u>	= 1,0 m/s = 196,9 Fpm
Power Motor	= 2,853 HP = 2,1278 kW
<u>Bahan</u>	= Polyester Nylon
<u>Jumlah plies</u>	= 3 plies
<u>Spesifikasi Bahan Belt</u>	= PN150 (PN500/3)
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>buah</u>
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 15.600,84

28. Blower (G-321)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Blower
<u>Fungsi</u>	= <u>Mengalirkan udara ke dalam</u> rotary dryer (B-320)
<u>Type</u>	= Centrifugal Blower
<u>Bahan</u>	= Carbon Steel
<u>Kapasitas</u>	= 0,64 m ³ /jam
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>Buah</u>
<u>Power</u>	= 0,005502996 HP
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 2.826,24

29. Cyclone (H-322)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Cyclone
<u>Fungsi</u>	= <u>Memisahkan udara keluar yang membawa padatan</u> <u>kristal NaHCO₃ dengan densitas lebih kecil</u>
<u>Type</u>	= Spiral
<u>Bahan</u>	= Carbon Steel SA-240 grade M tipe 316
<u>Kapasitas</u>	= 577,861 m ³ /jam m ³ /jam
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>Buah</u>
<u>Ukuran</u>	= D = 2,75 m
	De = 1,375 m
	Lc = 8,25 m
	Lb = 4,4 m
	Dd = 0,6875 m
	S = 2,475 m
	H = 1,65 m
	W = 0,495 m
<u>Harga Peralatan</u>	= \$ 17.974,88

30. Rotary Dryer (B-320)

<u>Spesifikasi Alat</u>	:	
<u>Nama</u>	=	Rotary Dryer
<u>Fungsi</u>	=	Mengeringkan padatan kristal NaHCO_3 yang keluar dari rotary drum vacuum filter (H-310)
<u>Tipe</u>	=	Single shell dryer
<u>Cara air masuk</u>	=	Injeksi melalui spray nozzle
<u>Metode pemanasan</u>	=	Direct heating dengan pola kontak counter current
<u>Panas yang ditransfer</u>	=	189.890,58 kJ/jam
<u>Panjang Dryer</u>	=	69,75 Ft
<u>Diameter Dryer</u>	=	13,95 Ft
<u>Luas Dryer</u>	=	15.274,88 ft ²
<u>Kemiringan Dryer</u>	=	2,74 °
<u>Berat Dryer</u>	=	5.398.009,13 Lb
<u>Power yang dibutuhkan</u>	=	5.150,89 kW
<u>Pemanas Udara Rotary Dryer :</u>		
<u>Kapasitas</u>	=	565,7 Btu/jam
<u>Tipe</u>	=	De Florez Circular Burner
<u>Jumlah</u>	=	1 Buah
<u>Bahan Konstruksi</u>	=	Carbon Steel
<u>Volume Burner</u>	=	1625,66 m ³
<u>Harga Peralatan</u>	=	\$ 166.521,99

31. Belt Conveyor II (J-323)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Belt Conveyor II
<u>Fungsi</u>	= <u>Mengangkut Padatan Kristal NaHCO₃ dari Rotary Dryer (B-320) & Cyclone (J-322) menuju Classifier</u>
<u>Tipe</u>	= Flat belt conveyor 20° idler
<u>Dimensi :</u>	
<u>Panjang Belt</u>	= 15 m = 49,21 ft
<u>Lebar Belt</u>	= 0,100 m = 0,33 ft
<u>Kecepatan</u>	= 1,0 m/s = 196,9 fpm
<u>Power Motor</u>	= 2,911 HP = 2,1709 kW
<u>Bahan</u>	= Polyester Nylon
<u>Jumlah plies</u>	= 3 plies
<u>Spesifikasi Bahan Belt</u>	= PN150 (PN500/3)
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>buah</u>
<u>Harga peralatan</u>	= \$ 24.983,952

32. Classifier (X-324)

<u>Spesifikasi Alat :</u>	
<u>Nama</u>	= Classifier
<u>Fungsi</u>	= <u>Untuk memisahkan ukuran partikel kristal NaHCO₃ dari Belt Conveyor 2 (J-323) yang akan masuk ke dalam unit bagging sebesar 120 mesh (on spec) & (off spec)</u>
<u>Tipe</u>	= High-speed vibrating screens <u>ukuran 120 mesh</u>
<u>Kapasitas</u>	= 2781 kg/jam
<u>Ukuran Bahan</u>	= 120 Mesh
<u>Sieve Opening</u>	= 0,0001 M
<u>Diameter Wire</u>	= 0,0001 M
<u>Wide</u>	= 3,47 m ²
<u>Jumlah</u>	= 1 <u>Buah</u>
<u>Bahan Konstruksi</u>	= Carbon Steel
<u>Power Vibrating</u>	= 1,91 HP
<u>Harga peralatan</u>	= \$ 23.62726

BAB VI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan parameter analisa ekonomi. Parameter kelayakan tersebut antara lain IRR (*Internal Rate of Return*), POT (*Pay Out Time*), dan BEP (*Break Even Point*).

Sebelum dilakukan analisa ekonomi, akan dideskripsikan terlebih dahulu bentuk dan organisasi perusahaan, peralatan dan utilitas proses yang mendukung perhitungan ekonomi pabrik. Pada bagian organisasi perusahaan terdapat rincian gaji tiap golongan beserta jumlah karyawan dan pada utilitas akan dijabarkan utilitas sebagai penunjang keberlangsungan proses produksi. Perhitungan analisa ekonomi secara keseluruhan dilampirkan pada appendix D.

VI.1 Bentuk Dan Organisasi Perusahaan

VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan

Bentuk badan perusahaan dalam mengoperasikan pabrik *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses Karbonasi yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) Perseroan terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi dalam beberapa saham dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Bentuk PT ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut :

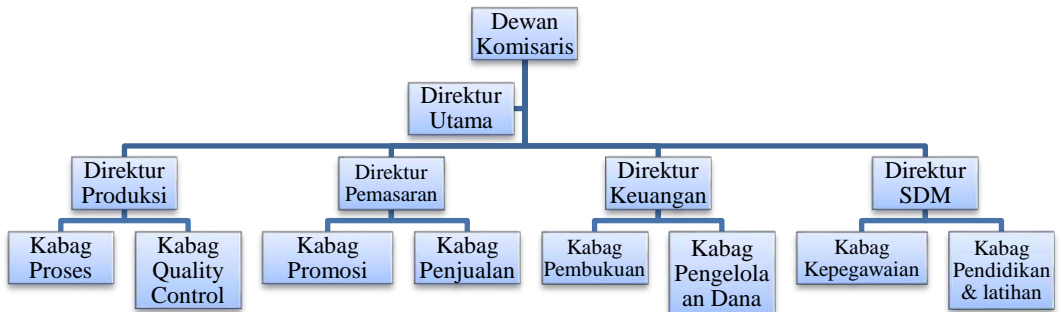
1. Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman bank.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi ditangani oleh pimpinan perusahaan.

3. Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.
4. Pemilik modal adalah pemegang saham, sedangkan pelaksanaannya adalah dewan komisaris.

VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi Pabrik *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses Karbonasi adalah garis dan staf dimana pelimpahan wewenang berlangsung secara vertikal dan sepenuhnya dari puncak pimpinan ke kepala bagian serta bawahannya. Dasar pemilihan sistem ini adalah :

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus.
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah sehingga disiplin kerja lebih baik. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktifitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
- Terdapat pembagian tugas yang jelas.
- Staffing dilaksanakan sesuai dengan prinsip *the right man on the right place*.



Gambar VI.1 Struktur Organisasi Garis dan Staff

Terdapat dua komponen utama dalam organisasi garis dan staff, yaitu :

1. Pimpinan

Tugas pimpinan secara garis besar adalah :

- a. Membuat rencana kerja yang terperinci dengan koordinasi para staff
- b. Melakukan pengawasan pelaksanaan kerja dari berbagai bagian dalam pabrik
- c. Meninjau secara teratur pelaksanaan pekerjaan di tiap-tiap bagian dan memberikan bimbingan serta petunjuk di dalam pelaksanaan pekerjaan
- d. Melaporkan kepada direksi tentang hal-hal yang terkait dengan pengelolaan pabrik
- e. Mewakili pabrik dalam perundingan dengan pihak lain

2. Staff (Pembantu Pimpinan)

- Suatu badan yang terdiri dari para tenaga ahli yang membantu pimpinan dan yang menjalankan kebijaksanaan perusahaan.
- Staff merupakan suatu tim yang utuh dan saling membantu dan saling membutuhkan, setiap permasalahan yang ada dipecahkan secara bersama.

Macam – macam staff antara lain :

- a. Staff koordinasi
Biasanya disebut staff umum, yaitu kelompok staff yang membantu pimpinan dalam perencanaan dan pengawasan, juga setiap saat memberikan nasehat kepada pimpinan baik diminta maupun tidak.
- b. Staff Teknik
Biasanya disebut staff khusus, yaitu kelompok staff yang memberikan pelayanan jasa kepada komponen pelaksana untuk melancarkan tugas pabrik
- c. Staff Ahli
Staff ini terdiri dari para ahli dalam bidang yang diperlukan oleh pabrik untuk membantu direktur dalam penelitian

VI.1.3 Struktur Organisasi

Pembagian kerja dalam organisasi ini adalah :

1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris bertindak sebagai pemegang saham

Tugas Dewan Komisaris :

- Mengawasi direktur dan berusaha agar tindakan direktur tidak merugikan perseroan
- Mengadakan rapat umum minimal sekalidalam 1 tahun
- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan
- Mengadakan evaluasi/pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan
- Memberikan nasehat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan

2. Direktur Utama

Direktur adalah pemegang kepengurusan dalam perusahaan dan merupakan pimpinan tertinggi dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan.

Tugas direktur adalah :

- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan baik kedalam maupun keluar
- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana-rencana dan cara-cara melaksanakannya
- Mengawasi jalannya perusahaan
- Mengadakan koordinasi yang tepat dari semua bagian
- Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing
- Mempertanggung jawabkan kepada dewan komisaris segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan

3. Direktur

Direktur bertanggungjawab ke direktur utama dalam pelaksanaa tugasnya, baik yang berhubungan dengan

pemasaran, personalia, pembelian, produksi maupun pengawasan produksi.

Tugas direktur :

- Membantu direktur utama dalam perencanaan maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok dalam bidang masing-masing
 - Mengumpulkan fakta-fakta kemudian menggolongkannya dan mengevaluasinya
4. Kepala Bagian Proses
Kepala bagian proses bertugas mengawasi proses produksi dan mengusahakan agar barang-barang diproduksi dengan biaya rendah, kualitas tinggi dan harga yang bersaing yang diinginkan dalam waktu yang sesingkat mungkin.
 5. Kepala Bagian Quality Control
Kepala bagian ini bertugas mengontrol kualitas produk dan bertanggung jawab kepada Direktur Produksi.
 6. Kepala Bagian Promosi
Kepala bagian ini bertugas mempromosikan produk dengan cara mengontrol periklanan produk.
 7. Kepala Bagian Penjualan
Kepala bagian ini bertugas mengusahakan agar hasil-hasil produksi dapat disalurkan dan didistribusikan secara tepat agar harga jual terjangkau dan mendapat keuntungan optimum.
 8. Kepala Bagian Pembukuan
Kepala Bagian Pembukuan bertanggung jawab dengan segala bentuk pembukuan kegiatan yang telah dilakukan dan merencanakan kegiatan yang akan dilakukan
 9. Kepala Bagian Pengelolaan Dana
Bagian ini bertugas untuk mengadakan kontak dengan pihak penjual bahan baku dan mempersiapkan order-order pembelian.
 10. Kepala Bagian Kepegawaian

Kepala Bagian Kepegawaian bertugas mengurus kesejahteraan karyawan meliputi gaji, tunjangan dan penerimaan pegawai baru.

11. Kepala Bagian Pendidikan dan Pelatihan

Kepala Bagian Pendidikan dan Pelatihan tugasnya mengurus penelitian dan pelatihan terhadap karyawan meupun pelajar yang akan melakukan kerja praktek.

VI.2 Pengelolaan Sumber Daya Manusia

VI.2.1 Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada perusahaan ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung dari status karyawan dan tingkat pendidikan serta besarnya kedudukan dan tanggung jawab serta keahliannya.

a. Karyawan tetap

Adalah karyawan yang sudah diangkat sebagai karyawan tetap perusahaan berdasarkan surat keputusan direktur. Pembayaran upah didasarkan atas upah bulanan dan mendapat hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan-jaminan sosial yang diberikan perusahaan.

b. Karyawan tidak tetap

Adalah karyawan yang masih menjalani masa kerja percobaan paling lama tiga bulan, diterima sebagai pegawai berdasarkan nota persetujuan direktur utama atas pengajuan kepala yang membawahnya. Pembayaran upah berdasarkan atas upah bulanan, tetapi belum dapat hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan sosial yang diberikan perusahaan.

c. Karyawan harian

Adalah karyawan yang bekerja secara harian atau borongan seperti buruh pengangkut barang, buruh bangunan dan lain-lain yang bekerja pada saat tertentu saja (pada saat dibutuhkan). Mereka bekerja berdasarkan nota persetujuan kepala yang membawahnya atas permintaan kepala bagian yang membutuhkannya.

VI.2.2 Jadwal Jam Kerja

Pembagian kerja pada pabrik natrium bikarbonat ini direncanakan bekerja selama 300 hari per tahun dengan waktu kerja sesuai penggolongan pegawai *non-shift* dan *shift*. Pembagian kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Pegawai *non-shift*

Bekerja selama 5 hari dalam seminggu dan libur pada hari sabtu, minggu dan hari besar. Ketentuan jam kerja sebagai berikut :

- Senin s/d Kamis = 07.30 WIB - 16.30 WIB
- Istirahat = 12.00 WIB - 13.00 WIB
- Jum'at = 07.30 WIB - 17.00 WIB
- Istirahat = 11.30 WIB - 13.00 WIB

2. Pegawai *shift*

Terdiri dari 4 *group shift* yaitu *shift I, II, III, dan IV*. Setiap harinya terdapat 3 *group* dan 1 *group* lainnya libur. Berikut jadwal pembagian jam kerja untuk pegawai yang *shift*

- *Shift I* = 07.00 WIB – 15.00 WIB
- *Shift II* = 15.00 WIB – 23.00 WIB
- *Shift III* = 23.00 WIB – 07.00 WIB
- *Shift IV* = *off*

Dalam satu periode waktu tertentu diatur sedemikian rupa sehingga jumlah libur antar *shift* sama dan semuanya mendapat jatah yang sama dalam *shift* pagi, sore maupun malam.

VI.2.3 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah pembayaran yang diterima pihak karyawan dalam hal pembayaran di luar kesalahannya. Untuk membuat susunan yang baik dan kepuasan kerja yang tinggi, maka haruslah diperhatikan mengenai jaminan sosial dan kesejahteraan karyawan. Jaminan sosial yang diberikan perusahaan kepada karyawan adalah sebagai berikut:

- a. Tunjangan
Tunjangan diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji.
- b. Fasilitas
Disediakan kendaraan antar-jemput untuk karyawan atau uang *transport* yang sesuai dengan golongannya. Untuk direktur dan manager lainnya disediakan fasilitas kendaraan dinas berupa kendaraan roda empat atau roda dua. Untuk seluruh karyawan setiap jam istirahat disediakan makan dan minum, sedangkan fasilitas-fasilitas lain yang perlu diberikan adalah :
 - Kesejahteraan
Hal ini sangat diperhatikan oleh perusahaan dengan cara menyediakan balai pengobatan di lokasi *plant*.
 - Perumahan dan lain-lain diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan petunjuk dari Departemen Tenaga Kerja berdasarkan undang-undang pemerintah.

VI.2.4 Absensi Karyawan

Mengingat akan kedisiplinan karyawan untuk menunjang kelancaran produksi maka perlu diadakan suatu peraturan absensi berupa cuti yang terdiri dari :

- Cuti selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan selambat-lambatnya satu bulan sebelumnya untuk dipertimbangkan lagi.
- Cuti hamil bagi karyawan wanita selama satu bulan sebelum melahirkan dan dua bulan setelah melahirkan.
- Keperluan dinas atas perintah atasan mengingat pertimbangan kondisi perusahaan.

VI.2.5 Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk terselenggaranya kinerja yang baik pada pabrik ini diuraikan sebagai berikut :

Tabel VI.1 Daftar kebutuhan karyawan Pabrik NaHCO₃

No	Jabatan	Pendidikan				Jumlah
		SMA	D3	S1	S2	
1	Dewan Komisaris				3	3
2	Direksi Utama			1		1
3	Direktur Produksi			1		1
4	Direktur Keuangan			1		1
5	Direktur Pemasaran			1		1
6	Direktur SDM			1		1
7	Sekretaris			1		1
8	Kepala Bagian					
	a. Kabag Proses			1		1
	b. Kabag Quality Control			1		1
	c. Kabag Promosi			1		1
	d. Kabag Penjualan			1		1
	e. Kabag Pembukuan			1		1
	f. Kabag Pengelolaan Dana			1		1
	g. Kabag Kepegawaian			1		1
	h. Kabag Pendidikan & Latihan			1		1
9	Dokter			2		2
10	Perawat		2			2
11	Karyawan Proses		212	10		222
12	Karyawan Quality Control		5	6		11
13	Karyawan Promosi		4	7		11
14	Karyawan Penjualan		5	7		12
15	Karyawan Pembukuan		2	4		6
16	Karyawan Pengolahan Dana		3	4		7
17	Karyawan Kepegawaian		2	5		7

18	Karyawan Pendidikan&Latihan		6	5		5
19	Karyawan Utilitas		4	6		10
20	Karyawan Maintenance		3	4		7
21	Satpam	5				5
22	Office Boy	5				5
23	Supir	4				4
24	IT			2		2
Total		14	243	78	3	336

VI.2.6 Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja

Pembagian tingkat golongan bergantung pada banyak hal seperti jabatan, masa kerja, prestasi, dan lainnya.

VI.2.7 Sistem Pengupahan

Sistem pengupahan karyawan dibedakan menurut status karyawan, tingkatan pendidikan dan besar kecilnya tanggung jawab/kedudukannya serta keahlian dan masa kerja. Sistem penggajian tersebut diatur sebagai berikut :

a. Gaji Bulanan

Gaji bulanan diberikan kepada karyawan bulanan tetap sesuai dengan bidangnya, kedudukannya serta keahlian yang dimilikinya

b. Gaji Harian

Gajian harian diberikan kepada karyawan harian tetap yang besarnya tergantung pada keahlian dan masa kerjanya.

c. Gaji Borongan

Gaji borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau pekerja borongan.

Berikut tabel gaji berdasarkan lulusan dan jabatan yang sedang diemban dalam perusahaan :

Tabel IV.2 Besar Gaji yang diterima tiap Jabatan

No	Jabatan	Pendidikan	Gaji/bulan	Jumlah	Total gaji/bulan
			(Rp)	karyawan	(Rp)
1	Dewan Komisaris	S2	30.000.000	3	90.000.000
2	Direktur utama	S1	25.000.000	1	25.000.000
3	Sekretaris	S1	5.000.000	1	5.000.000
4	Direktur Produksi	S1	18.000.000	1	18.000.000
5	Direktur Pemasaran	S1	18.000.000	1	18.000.000
6	Direktur Keuangan	S1	18.000.000	1	18.000.000
7	Direktur SDM	S1	18.000.000	1	18.000.000
8	Kepala Bagian				
	a. Kabag Proses	S1	10.000.000	1	10.000.000
	b. Kabag Quality Control	S1	10.000.000	1	10.000.000

	c. Kabag Promosi	S1	10.000.000	1	10.000.000
	d. Kabag Penjualan	S1	10.000.000	1	10.000.000
	e. Kabag Pembukuan	S1	10.000.000	1	10.000.000
	f. Kabag Pengelola Dana	S1	10.000.000	1	10.000.000
	g. Kabag Kepegawaian	S1	10.000.000	1	10.000.000
	h. Kabag R & D	S1	10.000.000	1	10.000.000
	i. Kabag utilitas	S1	10.000.000	1	10.000.000
	j. Kabag Maintenance	S1	10.000.000	1	10.000.000
9	Dokter	S1	5.000.000	2	10.000.000
10	Perawat	D3	3.800.000	2	7.600.000
11	Karyawan Proses	S1	4.500.000	10	45.000.000
12	Karyawan Proses	D3	3.500.000	212	742.000.000
13	Karyawan	S1	4.500.000	6	27.000.000

	Quality Control				
14	Karyawan Quality Control	D3	3.500.000	5	17.500.000
15	Karyawan Promosi	S1	4.500.000	7	31.500.000
16	Karyawan Promosi	D3	3.500.000	4	14.000.000
17	Karyawan Penjualan	S1	4.500.000	7	31.500.000
18	Karyawan Penjualan	D3	3.500.000	5	17.500.000
19	Karyawan Pembukuan	S1	4.500.000	4	18.000.000
20	Karyawan Pembukuan	D3	3.500.000	2	7.000.000
21	Karyawan Pengelola dana	S1	4.500.000	4	18.000.000

22	Karyawan Pengelola Dana	D3	3.500.0 00	3	10.500.0 00
23	Karyawan Kepegawaian	S1	4.500.0 00	5	22.500.0 00
24	Karyawan Kepegawaian	D3	3.500.0 00	2	7.000.00 0
25	Karyawan R & D	S1	4.500.0 00	5	22.500.0 00
26	Karyawan Utilitas	S1	4.500.0 00	6	27.000.0 00
27	Karyawan Utilitas	D3	3.500.0 00	4	14.000.0 00
28	Karyawan Maintenance	S1	4.500.0 00	4	18.000.0 00
29	Karyawan Maintenance	D3	3.500.0 00	3	10.500.0 00
30	Satpam	SMA	2.500.0 00	5	12.500.0 00

31	Office Boy	SMA	2.500.000	4	10.000.000
32	Supir	SMA	2.500.000	4	10.000.000
33	IT	S1	4.500.000	2	9.000.000
Total				336	1.452.100.000

VI.2.8 Sarana Penunjang dan Fasilitas Kesejahteraan

Perusahaan yang didirikan dilengkapi dengan sarana-sarana penunjang untuk kelancaran pabrik, yaitu :

- a. Keamanan
Sarana ini di-*handle* oleh beberapa orang *security* yang bertugas untuk menjaga keamanan dan ketertiban di area pabrik beserta perumahan karyawan.
- b. Perumahan bagi karyawan di lokasi dekat area pembangkit tenaga listrik untuk golongan tertentu agar memudahkan pengendalian perumahan apabila terjadi sesuatu yang bersifat darurat.
- c. Sarana kesehatan yang meliputi :
 - Klinik darurat, terletak di sekitar pabrik sebagai pertolongan pertama bila terjadi kecelakaan.
 - Poliklinik berfungsi untuk memperoleh pelayanan kesehatan bagi karyawan dan keluarganya dengan dokter perusahaan.
- d. Masjid yang berfungsi sebagai tempat ibadah karyawan khususnya yang beragama muslim.
- e. Kantin dan koperasi karyawan yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan pokok dan makanan sehari-hari karyawan.

- f. Unit *hydrant* yang berfungsi untuk mengatasi kemungkinan terjadinya kebakaran.
- g. Unit kendaraan untuk transposratsi karyawan.
- h. Keuangan dan cuti

Finansial yang diberikan kepada karyawan meliputi :

- Gaji setiap bulan sesuai dengan *grade*
- Premi *shift* berdasarkan jabatan dan yang lembur bagi karyawan *shift* sesuai gaji dasar.
- THR dan uang cuti tahunan.

Untuk karyawan yang sudah pension disediakan pesangon. Untuk kesempatan cuti, karyawan mendapat kesempatan cuti 12 hari kerja setiap tahun dan setiap 3 tahun mendapat cuti 21 hari kerja. Untuk karyawan non-staff hak cuti tahunan sama tetapi cuti besar dapat dilakukan setiap 5 tahun sekali.

VI.3 Peralatan dan Utilitas Proses

VI.3.1 Peralatan

Peralatan merupakan sarana utama proses industri dapat berjalan dengan lancar. Biaya peralatan biasanya menjadi tolak ukur perhitungan biaya yang lain sehingga semakin besar biaya peralatan maka semakin besar investasi yang dikeluarkan perusahaan. Berikut peralatan yang digunakan pada pabrik Sodium Bicarbonate dengan proses Karbonasi Water Glass :

Tabel VI.3 Peralatan yang Digunakan Pada Pabrik NaHCO_3

NO	KODE ALAT	Nama Alat	Jumlah	Harga US\$, 2014		Harga Total US\$, 2020
				Per Unit	Total	
1	M-111	Water Glass Mixing Tank	1	7900	7900	8930,914788
2	F-114	CO ₂ feed	1	6200	6200	7009,072365

		Storage tank				
3	M-211	Mixer Feed Tank	1	9100	9100	10287,509 44
4	G-115	CO ₂ feed Compressor	1	12390	12390	14006,839 78
5	E-127	Condensor	1	7300	7300	8252,6174 63
6	R-110	CSTR	1	30500	30500	34480,114 06
7	X-210	CSTR Crystallizer	1	42600	42600	48159,110 12
8	H-124	Silicon Catridge Filter	1	4500	4500	5087,2299 43
9	H-120	Disk Centrifuge	1	14300	14300	16166,086 26
10	V-125	Evaporator	1	77660	77660	87794,283 85
11	E-214	CO ₂ Heater	1	7260	7260	8207,3976 41
12	J-123	Screw Conveyor	1	10900	10900	12322,401 42
13	L-112	Water Glass Feed Pump	1	1600	1600	1808,7928 68

14	K-116	Globe Valve 3-way I	1	2100	2100	2374,0406 4
15	E-128	Sodium carbonate cooler	1	7260	7260	8207,3976 41
16	J-313	Belt Conveyor 1	1	13800	13800	15600,838 49
17	H-310	Rotary Drum Vacuum Filter	1	22670	22670	25628,333 96
18	J-323	Belt Conveyor 2	1	22100	22100	24983,951 5
19	G-321	Blower	1	2500	2500	2826,2388 57
20	B-320	Rotary Dryer	1	14730 0	14730 0	166521,99 35
21	H-322	Cyclone	1	15900	15900	17974,879 13
22	X-324	Classifier	1	20900	20900	23627,356 84
23	L-126	Evaporator pump	1	2500	2500	2826,2388 57
24	L-122	Liquor Pump	1	2500	2500	2826,2388 57

25	L-312	Recycle pump	1	1700	1700	1921,8424 23
26	E-113	Water Glass Heater	1	7260	7260	8207,3976 41
27	L-215	Crystal pump	1	3000	3000	3391,4866 28
28	L-121	Feed pump	1	4600	4600	5200,2794 97
29	L-212	sodium carbonate pump	1	1600	1600	1808,7928 68
30	K-213	Globe Valve 3-way II	1	2100	2100	2374,0406 4
31	K-311	Globe Valve 3-way III	1	2100	2100	2374,0406 4
32	E-214	CO ₂ Heater	1	7260	7260	8207,3976 41
Total						589395,15 62

(www.matche.com)

Pabrik ini direncanakan akan dibangun pada 2020. Berikut referensi yang digunakan :

Index cost untuk 2014 = 581,3302
Index cost untuk 2020 = 657,1912
Kurs US Dollar (2019) = Rp14.736,00/USD

VI.3.2 Utilitas

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi ini meliputi :

a. Air yang digunakan untuk keperluan

1. Media pendingin

Unit penyediaan air bertugas untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi panas. Penggunaan air sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas dikarenakan faktor berikut :

- Air tidak dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume.
- Air merupakan materi yang mudah didapat dan relatif murah.
- Tidak mudah mengembang atau menyusut dengan adanya perubahan suhu.
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan.
- Tidak mudah terdekomposisi.

Syarat air pendingin adalah tidak boleh mengandung :

- *Hardness* : memeberikan efek pada pembentukan kerak
- Zat-zat organik : penyebab *slime*
- Silika : penyebab kerak

Pada air pendingin ditambahkan zat kimia yang bersifat menghilangkan dan mencegah kerak, zat organik dan korosi.

2. Perumahan dan keperluan sanitasi *plant*

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air laut, dimana sebelum digunakan air laut perlu diolah terlebih dahulu agar tidak mengandung zat-zat pengotor dan zat-zat lainnya yang tidak layak untuk kelancaran operasi. Air pada pembangkit listrik tenaga panas bumi ini digunakan untuk kepentingan air

sanitasi meliputi air untuk laboratorium dan karyawan. Air sanitasi digunakan untuk keperluan para karyawan dilingkungan pabrik. Penggunaannya antara lain untuk konsumsi, mencuci, mandi memasak, laboratorium, perkantoran dan lain-lain. Adapun syarat air sanitasi meliputi :

a) Syarat fisik

- Suhu dibawah suhu udara
- Warna jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau
- Kekeruhan SiO_2 tidak lebih dari 1 mg/L

b) Syarat kimia

- pH = 6,5 – 8,5
- Tidak mengandung zat terlarut yang berupa zat organik dan anorganik seperti PO_4 , Hg, Cu dan sebagainya

c) Syarat bakteriologi

- Tidak mengandung kuman atau bakteri, terutama bakteri patogen
- Bakteri E.Coli kurang dari 1/100 ml

b. Pengolahan limbah

Limbah yang terbentuk dari kegiatan *plant* ini adalah :

1. Limbah penggunaan air untuk perumahan dan laboratorium
2. Limbah air panas dari bumi yang diendapkan siikanya
Limbah jenis ini ditreatment di *collecting pit waste* dimana seluruh air panas akan dikumpulkan terlebih dahulu di suatu kolam penampung sebelum dialirkan ke *reinjection well* tempat dimana dikembalikan ke dalam bumi.

VI.4 Analisa Ekonomi

VI.4.1 Asumsi Perhitungan

Dalam melakukan analisa keuangan ini, digunakan beberapa asumsi antara lain sebagai berikut :

- Modal kerja sebesar 2 tahun biaya pengeluaran, yaitu biaya peralatan, bangunan, lahan, yang terinci dalam modal tetap dan modal kerja
- Eskalasi biaya produksi yang meliputi biaya produksi langsung, biaya *plant overhead*, biaya pengeluaran umum dan biaya tetap sebesar nilai inflasi 4,36 % setiap tahun
- Sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 40 % biaya investasi dan pinjaman jangka pendek sebesar 60 % biaya investasi dengan bunga sebesar 12,5 % per tahun yang akan dibayar dalam jangka waktu 4,33 tahun.
- Penyusutan investasi alat dan bangunan terjadi dalam waktu 20 tahun secara *straight line*
- Masa evaluasi ekonomi yaitu selama 20 tahun

Tabel VI.4 Parameter Perhitungan Ekonomi

PARAMETER	Nilai	Keterangan
Pajak pendapatan (pasal 17 Ayat 2 UU PPh No.17, Tahun 2012)	30 %	/tahun
Inflasi (bi.go.id)	4,36 %	/tahun
Depresiasi	5 %	/tahun
Bunga Pinjaman	12,5 %	/tahun
OPERASI		
Hari Operasi	300	Hari
Modal Sendiri (40 %)	29.928.615.114	Rupiah
Modal Pinjam (60 %)	44.892.922.671	Rupiah

VI.4.2 Analisis Keuangan

Analisa keuangan yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga panas bumi ini adalah dengan menggunakan metode *discounted cash flow*. Analisa keuangan untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi terdiri dari perhitungan biaya produksi dan aliran kas/kinerja keuangan. Detail perhitungan dapat dilihat pada appendix D.

Tabel VI.5 Ringkasan Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi untuk Pabrik NaHCO₃

IRR	32%
<i>Pay Out Time</i> (tahun)	3,05
BEP	32,56 % kapasitas produksi

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga faktor diatas perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penaksiran modal (*Total Capital Investment, TCI*), yang meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment, FCI*) = Rp. 67,339,384,006
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment, WCI*) = Rp. 7,482,153,778
2. Penentuan biaya produksi (*Total production cost, TPC*) yang terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*) = Rp. 79,674,289,114
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General expenses*) = Rp. 11,905,353,546
3. Biaya total
Perhitungan biaya total ini digunakan untuk mengetahui berapa besarnya semua biaya yang dikeluarkan perusahaan, Selain itu, digunakan juga untuk mengetahui besarnya nilai titik impas (BEP). Untuk mengetahui besarnya titik impas (BEP) perlu dilakukan penaksiran terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*, FC)
=Rp. 5,252,471,952
- b. Biaya Semi Variabel (*Semi Variabke Cost*, SVC)
=Rp. 38,876,042,127
- c. Biaya Variable (*Variable Cost*, VC)
=Rp. 47,451,128,580
- d. Total penjualan (*Sales*, S)
=Rp.182,986,390,239

BAB VII KESIMPULAN

Dari uraian proses pabrik *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses karbonasi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses Karbonasi adalah 20000 ton NaHCO_3 / tahun beroperasi secara kontinu.
2. Bahan baku utama yang digunakan adalah *Water Glass* & Gas CO_2 masing-masing sebesar 18.158,75 ton/ tahun & 15.104,44 ton/tahun.
3. Lokasi pendirian pabrik *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses Karbonasi direncanakan didirikan di kawasan industri sentul, kota bogor jawa barat dengan pertimbangan dekat dengan bahan baku (dekat dengan salah satu produsen *Water Glass* terbesar di Indonesia), ketersediaan sumber air (Sungai Gunung Putri), dekat dengan konsumen, ketersediaan power (PLN) dan dekat dengan pusat Ibu kota untuk pendistribusian (lebih mudah dalam pendistribusian).
4. Proses *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses karbonasi ada tiga proses, yaitu :
 - Proses Karbonasi *Water Glass*
 - Tahap Kristalisasi *Sodium Bicarbonate*
 - Proses Pengeringan & Pemisahan
5. Untuk dapat mendirikan pabrik *Sodium Bicarbonate* (NaHCO_3) dari *Water Glass* dengan proses karbonasi berkapasitas 20000 ton/ tahun diperlukan:
 - Total modal investasi sebesar Rp 79,222,804,713,-
 - Total biaya produksi Rp. Rp 89,764,431,392-
 - Hasil penjualan per tahun Rp. 182,186,843,951-
 - Dengan estimasi umur pabrik 15 tahun dan waktu pengembalian pinjaman selama 5 tahun, dapat

diketahui *internal rate of return* (IRR) sebesar 32%,
pay out time (POT) 3.14 tahun dan break event point
(BEP) sebesar 31,51%.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriyanto, Harry . 2012. “*Sodium Bicarbonate dengan proses karbonasi sodium carbonate*” .Solo : Universitas Sebelas Maret (UNS) 2012.
- Arno Miller, Reisholzstrasse 18 etc. 1969. “Process for Preparing Sand Cores Using CO₂ Cured Silicate Binders” US Patent. “*Unit Operasi I: Proses Mekanik Conveyor*” .Semarang: Universitas Diponegoro
- Brownell, L.E. and Young, F.H. 1959. “*Process Equipment Design*” .New Delhi :Willet Eastern Limited.
- Coulson, Richardson. 1999. “*Chemical Engineering, volume 6, third edition*” . New York :Butterworth Heinemann.
- Dewati, R etc. 2018, “*Paper of Precipitated Silica from Pumice and Carbon Dioxide Gas (CO₂) in CSTR Reactor*” Chemical Engineering, Engineering Faculty, University of Pembangunan Nasional East Java
- Faith, Keyes and Clark’s. 1975. *Industrial Chemical*. New Jersey: A Willey – Interscience Publication.
- Geankoplis Christie John. 1993. “*Transport Processes and Separation Process Principle, 4th edition*” . New Jersey: Pearson Education International.
- Horvat, A , J. Golob and R. Gabrovsek, 2001, “Carbonation of Sodium Disilicate During Spray Drying” University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia.
- Hugo Walvarens etc, 2014 “*Process for Producing Sodium Bicarbonate*” US Patent.
- Hugot, E. 1972. “*Handbook of Cane Sugar Engineering 2nd edition*” . Amsterdam : Elsevier
- Hougen, Watson, dkk. 1954. “*Chemical Process Principles, 2nd edition*” . Singapore: John Wiley & Sons.
- Karimah, Ima. 2011. “*Nilai Indeks Glikemik Bubur Instan Pati Singkong dan Bubur Instan Pati Resisten Singkong*”. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Kern, D.Q. 1950. “*Process Heat Transfer 5th edition*” . New York: McGraw-Hill Book Company

- Kusnarjo. 2010. “*Desain Alat Pemindah Panas*”. Surabaya
 Kusnarjo. 2010. “*Desain Bejana Bertekanan*”.
 Surabaya
- Ludwig, Ernest.E. 1999. “*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*”. 3rd edition, volume 1. United States of America: Butterworth-Heinemann.
- Perry, Green. 2008. “*Perry’s Chemical Engineers handbook, 8th edition*”, United State: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1991. “*Plant Design and Economic for Chemical Engineers 5th edition*”. New York: McGraw-Hill Inc.
- R.Y Hong, X Cai, L.S Wang, H.Z Li, Y.Zheng, D.G Wei. 2009
 Chemical Engineering Journal “*Synthesis of silica powders by pressured carbonation*” Soochow University, Jiangsu, China.
- Sih, Ping Heui, Cortessis, 1982, “*Carbonation process for the manufacture of Sodium Bicarbonate*” Greenbrae California (US).
- Smith, Robin. “*Chemical Process Design and Integration*”.
 Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ulrich Gael D. 1984. “*A Guide to Chemical Engineering Process Design ang Economics*”. Canada: John Willey & Sons, Inc.
- VenkataRaman, M, 2019 “*Process Parameter Optimization of CO₂ gas curred Sodium Silicate Moulding Process for better Compression Strength*”, Departement of Mechanical Engineering CVR college of Engineering, Hyderabad Telangana, India
- Vilbrandt, Frank C. 1959. “*Chemical Engineering Plant Design*”, 4th Edition, Tokyo: McGraw-Hill Book Co, Kogakhusa Ltd.
- Walas, Couper, dkk. 2010. “*Chemical Process Equipment Selection And Design 5nd edition*”. United State of America: Elsevier
- Walter C, Saeman, etc 1975. “*Sodium Bicarbonate Production*” US Patent.

