



TUGAS AKHIR - TK 090324

**PABRIK GARAM INDUSTRI (SODIUM CHLORIDE) DARI
AIR LAUT DENGAN PROSES SEDIMENTATION DAN
*MICROFILTRATION***

DHANIA RULANDRI WIDORETNO
NRP. 2311 030 001

YELIVIA DWI NINGTYAS
NRP. 2311 030 047

Dosen Pembimbing
Ir. Agung Subyakto, MS

PROGRAM STUDI D III TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TK 090324

SODIUM CHLORIDE PLANT FROM SEA WATER WITH SEDIMENTATION AND MICROFILTRATION PROCESS

DHANIA RULANDRI WIDORETNO
NRP. 2311 030 001

YELIVIA DWI NINGTYAS
NRP. 2311 030 047

Supervisor
Ir. Agung Subyakto, MS

DEPARTMENT OF D III CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

PABRIK GARAM INDUSTRI (*Sodium Chloride*) DARI AIR LAUT DENGAN PROSES SEDIMENTATION dan MICROFILTRATION

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya**

Pada

Program Studi D III Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun oleh :

DHANIAR RULANDRI WIDORETNO

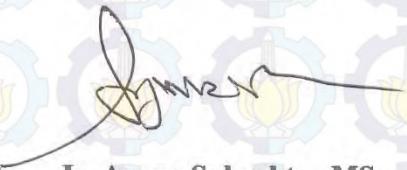
(2311 030 001)

YELIVIA DWI NINGTYAS

(2311 030 047)

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing Tugas Akhir :


Ir. Agung Subyakto, MS
NIP. 19580312 198601 1 001

Surabaya, 4 Juli 2014

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PABRIK GARAM INDUSTRI (*Sodium Chloride*) DARI AIR LAUT DENGAN PROSES *SEDIMENTATION* dan *MICROFILTRATION*

Disusun oleh :

DHANIAR RULANDRI WIDORETNO

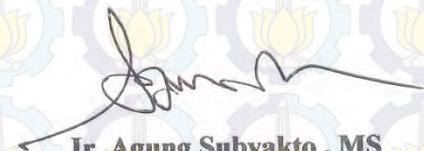
(2311 030 001)

YELIVIA DWI NINGTYAS

(2311 030 047)

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subyakto , MS
NIP. 19580312 198601 1 001

PROGRAM STUDI D III TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2014

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada tanggal 23 Juni 2014, dengan judul "**PABRIK GARAM INDUSTRI (*Sodium Chloride*) DARI AIR LAUT DENGAN PROSES SEDIMENTATION dan MICROFILTRATION**", yang disusun oleh:

DHANIAR RULANDRI WIDORETNO

(2311 030 001)

YELIVIA DWI NINGTYAS

(2311 030 047)

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pengaji

Ir. Iman Syafri, MT

NIP. 19570819 198601 1 001

Dosen Pengaji

Ir. Dyah Winarni Rahaju, MT

NIP. 19510403 198503 2 001

Mengetahui,

**Koordinator Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS**

Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng

NIP. 19630805 198903 2 002

**Pembimbing Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS**

Ir. Agung Subyakto, MS

NIP. 19580312 198601 1 001

**LEMBAR PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR
PABRIK GARAM INDUSTRI (*Sodium Chloride*) DARI AIR
LAUT DENGAN PROSES SEDIMENTATION dan
MICROFILTRATION**

Disusun oleh :

DHANIA RULANDRI WIDORETNO

(2311 030 001)

YELIVIA DWI NINGTYAS

(2311 030 047)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subyakto , MS
NIP. 19580312 198601 1 001

**Ketua Program Studi
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



Ir. Budi Setiawan, MT
NIP. 19540220 198701 1 001

**Koordinator Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



Dr.Ir.Niniek Fajar Puspita,M.Eng
NIP. 19630805 198903 2 002

PABRIK GARAM INDUSTRI (*Sodium Chloride*) DARI AIR LAUT DENGAN PROSES SEDIMENTATION dan MICROFILTRATION

Nama Mahasiswa	:	Dhaniar Rulandri Widoretno (2310 030 001)
Nama Mahasiswa	:	Yelivia Dwi Ningtyas (2310 030 047)
Jurusan	:	D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing	:	Ir. Agung Subyakto, MS

Abstrak

Air laut memiliki kandungan $NaCl$ yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan garam. Garam ini diolah agar menghasilkan kadar $NaCl$ sebesar 99,5% dengan kandungan impurities yang sangat kecil. Garam industri memiliki peranan penting dalam industri, seperti industri pembuatan caustic soda, soda ash, pengawetan, farmasi, dan tekstil.

Pembuatan garam dengan proses sedimentation-microfiltration terdiri dari 3 tahap, yaitu Tahap Pre-Treatment, Tahap pemasakan, dan Tahap Pengolahan Produk. Tahap pre-treatment dimulai dengan mengalirkan air laut dengan konsentrasi $NaCl$ sebesar 3,05% ke lagoon pengendapan dengan penambahan flokulasi $Al_2(SO_4)_3$ kemudian mereaksikan dengan $NaOH$ di dalam reaktor. Cake yang terbentuk diendapkan dengan clarifier, sedangkan liquid-nya difilter dengan microfilter berukuran $0,5\mu$. Selanjutnya tahap pemasakan, yaitu proses evaporasi dan pembentukan kristal. Kristal garam yang terbentuk dikeringkan dalam rotary dryer. Tahap pengolahan produk diawali dengan penggerusan kristal dengan menggunakan ball mill. Sebelumnya, garam didistribusikan melalui cooling conveyor dan diseleksi dengan menggunakan vibrator screen dengan ukuran 100 mesh, kemudian ditampung di tangki penyimpanan.

Kapasitas produksi pabrik sebesar 180.000 ton/tahun dan bahan baku yang dibutuhkan sebanyak 14.400.000 kg/hari. Pabrik beroperasi secara kontinyu selama 24 jam/hari, 330 hari operasi/tahun. Bahan pembantunya berupa Air sebanyak 3.512.585,70 m^3 /hari, $NaOH$ 37.712,51 kg/hari, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 72 kg/hari, $NaCl$ 80,72, dan Udara 66.285.229,04 kg/hari

Kata kunci: Garam, Air Laut, Proses Sedimentation dan Microfiltration

SODIUM CHLORIDE PLANT FROM SEA WATER WITH SEDIMENTATION AND MICROFILTRATION PROCESS

Name	: Dhaniar Rulandri Widoretno (2310 030 001)
Name	: Yelivia Dwi Ningtyas (2310 030 047)
Major	: D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Supervisor	: Ir. Agung Subyakto, MS

Abstract

Sea water contains sodium chloride which can be used as raw material of salt. This salt is processed to produce a NaCl with concentration 99.5% and a very small content of impurities. The salt has an important role in the industry, such as industrial manufacturing of caustic soda, soda ash, preservation, pharmaceuticals, and textiles.

The process of salt consists of three phases, namely Pre-Treatment, ripening stage, and Stage Processing Products. Stage pre-treatment of raw materials in the form of sea water with a concentration of 3.05% NaCl flowed into the lagoon with the addition of $Al_2(SO_4)_3$, then it is reacted with NaOH in the reactor and the formed cake deposited with clarifier while the filtered liquid with microfilter 0.5 micron. The filtrate is being evaporated using an evaporator, being crystallized by Crystalizer, and being dried by rotary dryer. The Phase-processing is using a ball mill. Previously, salt distributed through cooling conveyor, vibrator selected using a screen with a size of 100 mesh and then stored in the storage tank.

The production capacity of 180,000 tons / year, requiring raw materials 14,400,000 kg / day. The factory operates continuously 24 hours / day, 330 days of operation / year. Material in the form of water as aides 3.512.585,70 m³/day, NaOH 37712.51 kg / day, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 72 kg / day, NaCl 80.72, and Air 66,285,229.04 kg / day

Key words : Salt, Sea water, Sedimentation and Microfiltration process

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi Robbil'alamin puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan ridlo-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pabrik Garam Industri (Sodium Chloride) dari Air laut dengan proses Sedimentation dan Microfiltration**. Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat.

Tugas akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip – prinsip perhitungan dari peralatan – peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya atas selesaiannya Tugas Akhir ini, penulis ingin ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penggerjaan tugas akhir ini, antara lain kepada :

1. Kedua orang tua kami yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
2. Ir. Budi setiawan, MT, selaku Ketua Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Dr. Ir. Niniek fajar Puspita,M. Eng selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ir. Agung Subyakto, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Ir. Imam Syafril, MT dan Ir. Dyah Winarni Rahaju, M.T, selaku Dosen Penguji Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Rekan – rekan angkatan 2011 Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. .

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata – kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Dasar Teori.....	I-5
I.3. Kegunaan Garam Industri	I-8
I.4. Sifat Fisik dan Kimia.	I-9
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	
II.1 Macam Proses	II-1
II.2 Seleksi Proses	II-8
II.3 Uraian Proses Terpilih.....	II-9
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1
BAB VI UTILITAS	
VI.1. Unit Penyediaan Air	VI-1
VI.2. Proses Pengolahan Air	VI-5
VI.3. Perhitungan Kebutuhan Air.....	VI-7
VI.4. Kebutuhan Steam	VI-11
VI.5. Bahan Bakar	VI-11
VI.6. Listrik	VI-12
BAB VII KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA	
VII.1. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum	VII-1
VII.2. Kesehatan dan Keselamatan kerja pada	

Pabrik Garam Industri	VII-3
VII.3. Keselamatan Pabrik	VII-13
BAB VIII INSTRUMENTASI	
VIII.1. Instrumentasi Secara Umum pada Industri.....	VIII-1
VIII.2. Instrumentasi dalam Pabrik Garam Industri.....	VIII-3
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI	
KIMIA	IX-1
BAB X KESIMPULAN	X-1
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR PUSTAKA.....	x
LAMPIRAN :	
• APPENDIKS A NERACA MASSA	A-1
• APPENDIKS B NERACA PANAS.....	B-1
• APPENDIKS C SPESIFIKASI PERALATAN	C-1
• Proses Flow Diagram Pabrik Garam Industri	
• Proses Flow Diagram Utilitas Pabrik Garam Industri	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Blok Proses <i>Sedimentation-Microfiltration</i>	II-4
Gambar 2.2	Diagram Blok Proses <i>Multiple-Effect Evaporator</i>	II-6
Gambar 2.3	Diagram Blok Proses <i>Open Pan</i>	II-7
Gambar 2.4	Diagram Blok Proses Pembuatan Sodium Chloride	II-10

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perkembangan Impor Garam Industri di indonesia	I-2
Tabel 1.2	Perhitungan dengan Metode <i>Least Square</i>	I-2
Tabel 1.3	Kualitas Garam Berdasarkan Kandungan NaCl	I-6
Tabel 1.4	SNI dan SII Garam Industri	I-6
Tabel 1.5	Komposisi air Laut.....	I-10
Tabel 2.1	Perbandingan Proses Pembuatan Sodium Chloride	II-8
Tabel 6.1	Standar Air Minum WHO.....	VI-1
Tabel 7.1	Alat K3 yang digunakan selama Proses pada Pabrik Garam Industri.....	VII-15
Tabel 8.1	Instrumentasi dalam Pabrik Garam Industri.....	VIII-3

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Produksi garam merupakan salah satu isu nasional yang menjadi perhatian pemerintah saat ini. Indonesia sebagai sebuah negara kepulauan dengan panjang pesisir pantainya yang mencapai 81.000 km merupakan potensi yang tinggi untuk menghasilkan produksi garam dalam jumlah besar. Beberapa pulau yang terkenal dengan produksinya antara lain Madura dan NTT. Namun kenyataannya untuk mencukupi kebutuhan garam nasional, Indonesia masih harus melakukan impor garam. Indonesia masih harus mengimpor garam dari negara tetangga, Australia. Jika ditinjau dari panjang pantai, Australia hanya memiliki garis pantai sekitar 5.000 km, jauh lebih kecil daripada garis pantai Indonesia. Hal ini dikarenakan produksi nasional tidak mencukupi kebutuhan dalam negeri, khususnya kebutuhan garam industri. Penting dibedakan, antara garam yang dikonsumsi masyarakat rumah tangga dan yang dijadikan bahan baku oleh industri.

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) selama Januari-November 2010, Indonesia mengimpor sebanyak 1,8 juta ton garam. Dari jumlah tersebut, impor garam untuk konsumsi 394.210 juta ton. Saat ini, Indonesia bisa dapat dengan cepat mencapai target Swasembada Garam Konsumsi. Dengan potensi produksi garam sebesar 1,4 juta ton, Indonesia telah dapat memenuhi kebutuhan garam konsumsi sebesar 1,1 juta ton sekalipun kebutuhan garam industri sebesar 1,8 juta ton menjadi tidak dapat terpenuhi. Kebutuhan garam industri hampir keseluruhannya harus diimpor, terutama dari Cina, Jerman, dan Australia mengingat belum ada produsen di dalam negeri. Artinya, untuk swasembada garam industri diperlukan usaha yang keras dari semua pihak.

Pendirian pabrik Garam Industri dengan kapasitas yang cukup besar dirasa perlu, selain karena tingkat impor yang masih



cukup tinggi, kebutuhan akan garam dalam mencukupi kebutuhan industri di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Hal ini diperkuat dengan data yang diperoleh dari Kementerian Perindustrian Indonesia mengenai kapasitas produksi sesuai data perkembangan impor garam industri tahun 2007 – 2011 (**Tabel 1.1**).

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian suatu pabrik adalah kapasitas produksi. Pabrik Garam Industri ini akan direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2016, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan impor. Dengan analogi dari persamaan untuk menghitung bunga, maka perkiraan volume impor garam konsumsi (dalam ton) pada tahun 2016 dapat dihitung.

Tabel 1.1 Perkembangan Impor Garam Industri di indonesia

Tahun	Impor (juta ton)
2007	417.438,7
2008	529.758,6
2009	675.219,3
2010	810.003,1
2011	1.086.160,6

(Sumber: www.kemenperin.go.id)

Untuk memudahkan analisa maka dibuat persamaan dengan cara *least square*, maka dapat diperkirakan kebutuhan impor garam industri di Indonesia pada tahun 2016 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.2 Perhitungan dengan Metode *Least Square*

No	X (Tahun)	Y	XY	X ²
1	2007	417.438,7	837.799.471	4.028.049
2	2008	529.758,6	1.063.755.269	4.032.064
3	2009	675.219,3	1.356.515.574	4.036.081
4	2010	810.003,1	1.628.106.231	4.040.100
5	2011	1.086.160,6	2.184.268.967	4.044.121
Jumlah	10.045	3.518.580,3	7.070.445.511	20.180.415

$$\Sigma y = n \cdot c + m \cdot \Sigma x$$



$$3.518.580,3 = 5.c + 10.045 \cdot m$$

$$\Sigma xy = \Sigma x \cdot c + m \cdot \Sigma x^2$$

$$7.070.445.511 = 10.045 \cdot c + 20180415 \cdot m$$

Dari persamaan di atas, didapatkan harga $m = 161.768,83$ dan $c = -324.289.863$ sehingga dihitung dengan persamaan:

$$Y = 161.768,83 x + (-324.289.863)$$

Diperkirakan jumlah kebutuhan garam industri pada tahun 2016 yang akan diimpor sebesar:

$$Y = m \cdot x + c$$

$$Y = 161.768,83 (2016) + (-324.289.863)$$

$$Y = 1.836.098,28 \text{ ton/tahun}$$

maka ditetapkan kapasitas pabrik yaitu 10% dari kebutuhan impor pada tahun 2016 yaitu sebesar 180.000 ton/tahun.

Jika berdasarkan ketersediaan bahan baku, berikut kami tampilkan perhitungan air laut yang dibutuhkan.

Kandungan NaCl dalam air laut = 3,05% (30,5 gram/1000 ml air laut)

Lokasi perusahaan merupakan hal yang penting dalam menentukan kelancaran usaha. Kesalahan pemilihan lokasi pabrik dapat menyebabkan biaya produksi menjadi mahal sehingga tidak ekonomis. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi suatu pabrik meliputi biaya operasional, ketersediaan bahan baku dan penunjang, sarana dan prasarana, dampak sosial, dan studi lingkungan. Lokasi pabrik Garam Industri ini direncanakan berdiri di kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur karena daerah tersebut memiliki laut dengan kandungan garam yang tinggi yaitu sebesar 3,5%. Hal ini didasarkan bahwa latar belakang pendirian pabrik merupakan diversifikasi produk yang berbahan baku air laut. Pertimbangan lain alasan pemilihan lokasi ini antara lain:

1. Lokasi dekat dengan bahan baku

Luas perairan laut Kabupaten Sumenep ± 50.000 km sehingga dapat menjamin kontinuitas produksi pada pabrik dalam jangka panjang.



2. Penyediaan listrik

Penyediaan kebutuhan listrik direncanakan akan disuplai secara eksternal dari PLN PJU Sumenep.

3. Persediaan air

Kebutuhan air di Pabrik garam industri disuplai dari air sungai yang terlebih dahulu diproses di Unit Pengolahan Air agar layak pakai dan air sisa proses. Air sungai tersebut digunakan sebagai air proses, air pendingin, dan air sanitasi. Pengairan pada pabrik didapatkan dari sungai Kaliangget, Sumenep. Selain itu, untuk kebutuhan di unit utilitas juga menggunakan air bersih yang didapatkan dari hasil proses.

4. Tenaga Kerja

Sama halnya dengan pabrik pada umumnya, Pabrik Garam Industri ini membutuhkan tenaga kerja yang cukup banyak. Tenaga kerja dapat direkrut dari penduduk sekitar.

5. Fasilitas Transportasi

Letak geografis Kabupaten Sumenep yang terletak di ujung timur Madura dan begitu strategis (dekat dengan pulau Bali) maka untuk menuju wilayah Kebupaten Sumenep sudah tersedia beberapa fasilitas untuk menunjang lancarnya moda transportasi, antara lain :

- Terminal Bus Arya Wiraraja - merupakan terminal bus tipe A terbesar di Sumenep melayani seluruh penumpang dari luar daerah Sumenep.
- Pelabuhan Kaliangget - Merupakan sarana transportasi laut yang melayani penumpang dari daratan Sumenep ke wilayah Kepulauan maupun sebaliknya, selain itu juga pelabuhan kaliangget melayani jalur transportasi laut Kaliangget - Jangkar, Situbondo.
- Bandar Udara Trunojoyo Sumenep - Merupakan Bandara yang berdiri pada tahun 1970an, yang saat ini dalam tahap pengembangan, dan direncanakan pula bahwa pada tahun 2012 mendatang Bandara ini akan beroperasi untuk penerbangan komersial.



Lokasi pabrik direncanakan pula dekat dengan jalan raya. Hal ini memudahkan dalam proses distribusi bahan baku maupun produk.

I.2. Dasar Teori

I.2.1 Pengertian Garam

Dalam ilmu kimia, garam adalah senyawa ionik yang terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion), sehingga membentuk senyawa netral (tanpa bermuatan). Garam terbentuk dari hasil reaksi asam dan basa. Komponen kation dan anion ini dapat berupa senyawa anorganik seperti klorida (Cl^-), dan bisa juga berupa senyawa organik seperti asetat (CH_3COO^-) dan ion monoatomik seperti fluorida (F^-), serta ion poliatomik seperti sulfat (SO_4^{2-}). Natrium klorida (NaCl), bahan utama garam dapur adalah suatu garam. Kelarutan garam dalam air adalah sebesar 35,9 g/100 ml (25°C).

Ada banyak macam-macam garam. Garam yang terhidrolisa dan membentuk ion hidroksida ketika dilarutkan dalam air maka dinamakan garam basa. Garam yang terhidrolisa dan membentuk ion hidronium di air disebut sebagai garam asam. Garam netral adalah garam yang bukan garam asam maupun garam basa. Larutan Zwitterion mempunyai sebuah anionik dan kationik di tengah di molekul yang sama, tapi tidak disebut sebagai garam. Contohnya adalah asam amino, metabolit, peptida, dan protein. (Arifin, 2008)

I.2.2 Pengertian Garam Industri

Berdasarkan jenisnya, garam dibagi dalam dua kelompok besar, yakni garam konsumsi dan garam industri. Sedangkan bila didasarkan pada kandungan NaCl, garam dibagi dalam empat kelompok, yakni menjadi garam pengawetan ikan, garam konsumsi, garam industri, serta garam farmasi (untuk keperluan infus, *shampo*, dan cairan dialisat). Garam industri yaitu jenis garam dengan kadar NaCl sebesar 98,5 % dengan kandungan *impurities* (sulfat, magnesium dan kalsium serta kotoran lainnya)



yang sangat kecil. Kegunaan garam industri antara lain untuk industri perminyakan, pembuatan soda dan *chlor*, penyamakan kulit dan *pharmaceutical salt*.

Sesuai dengan SK Menteri Perindustrian Nomor 29/M/SK/2/1995 tentang pengesahan serta penerapan Standar Nasional Indonesia (SNI), kadar NaCl untuk garam industri haruslah 98,5 %. Namun sampai saat ini, semua produksi garam di Indonesia belum memenuhi SNI maupun SII, sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, khususnya garam industri, Negara Indonesia masih harus mengimpor (*Widayat, 2009*).

Kualitas garam dapat diklasifikasikan berdasarkan kandungan NaCl dan kandungan airnya. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dapat dibedakan 3 (tiga) kualitas garam yang tersaji pada **Tabel 1.3**.

Tabel 1.3 Kualitas Garam Berdasarkan Kandungan NaCl

Kualitas I	NaCl > 98%	Kandungan Air Maksimum 4%
Kualitas II	$94,4\% < \text{NaCl} < 98\%$	Kandungan air Maksimum 5%
Kualitas III	NaCl < 94%	Kandungan air > 5%

Tabel 1.4 SNI dan SII Garam Industri

Parameter	SNI (%)	SII (%)
NaCl, min	98,5	98,5
H ₂ O	3	4
Ca, max	0,10	0,10
Mg, max	0,06	0,06
SO ₄ , max	0,20	0,20

Untuk menghasilkan garam dengan mutu baik, maka senyawa-senyawa kalsium dan magnesium serta sulfat harus terlebih dahulu diendapkan. Pada garam rakyat yang memanfaatkan model penguapan total, kadar garam tertinggi yang dapat dihasilkan relatif jarang mencapai 90%, sehingga



dibutuhkan perlakuan-perlakuan khusus agar dihasilkan garam dengan kualitas tinggi. (*Supardi, 2013*)

I.2.3 Pengertian Air laut

Laut adalah kumpulan air asin dalam jumlah yang banyak dan luas yang menggenangi dan membagi daratan atas benua atau pulau. Jadi laut merupakan air yang menutupi permukaan tanah yang sangat luas dan umumnya mengandung garam dan berasa asin. Biasanya air mengalir yang ada di darat akan bermuara ke laut.

Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuhan dan tanah. Contohnya natrium, kalium, dan kalsium. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Ombak laut yang memukul pantai juga dapat menghasilkan garam yang terdapat pada batu-batuhan. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam. (*PERMEN LH No.51 Th 2004*)

I.2.4 Proses Produksi

I. Pengeringan Lahan

- Pengeringan lahan peminihan.
- Pengeringan lahan kristalisasi.

II. Pengolahan Air dengan Waduk

- Pemasukan air laut ke Waduk.
- Pemasukan air laut ke lahan kristalisasi.
- Pengaturan air di Waduk.
- Pengeluaran *Brine* ke meja kristal dan setelah dikeringkan selama seminggu.
- Pengeluaran *Brine* ke meja kristal, setelah dikeringkan, untuk pengeluaran *Brine* selanjutnya dari peminian tertua melalui *Brine Tank*.
- Pengembalian air tua ke waduk. Apabila air peminihan cukup untuk memenuhi meja kristal, selebihnya dipompa kembali ke waduk.



III. Pengolahan Air dan Tanah

- Pertama, K/G dilakukan setelah air meja $4\text{--}6^{\circ}\text{Be}$.
- Kedua, K/G dilakukan setelah air meja $18\text{--}22^{\circ}\text{Be}$ dan meja di atasnya dilakukan K/G dengan perlakuan sama.
- Lepas air tua dilakukan pada siang hari dengan konsentrasi air garam $24\text{--}25^{\circ}\text{Be}$ dan ketebalan air $3\text{--}5$ cm.

IV. Proses Kristalisasi

- Pemeliharaan meja begaram
- Aflak (perataan permukaan dasar garam)

V. Proses Pungutan

- Umur kristal garam 10 hari secara rutin
- Pengaisan garam dilakukan hati-hati dengan ketebalan air meja cukup atau $3\text{--}5$ cm.
- Angkutan garam dari meja ke timbunan membentuk profil (ditiriskan), kemudian diangkut ke gudang atau siap untuk proses pencucian.

VI. Proses Pencucian

- Pencucian bertujuan untuk meningkatkan kandungan NaCl dan mengurangi unsur Mg, Ca, SO₄ dan kotoran lainnya.
- Air pencuci garam semakin bersih dari kotoran akan menghasilkan garam cucian lebih baik atau bersih. Persyaratan air pencuci adalah air garam (*Brine*) dengan kepekatan $20\text{--}24^{\circ}\text{Be}$ dan kandungan Mg ≤ 10 g/liter. (*Dini Purbani, 2010*)

I.3. Kegunaan Garam Industri

Garam Industri banyak digunakan sebagai bahan baku di beberapa macam industri, seperti industri kimia, farmasi, pengawetan dan tekstil. Berikut jenis industri yang menggunakan garam sebagai bahan baku:



-
- a. Industri Kimia
 - pembuat sodium hidroksida
 - pembuat *soda ash*
 - pembuat unit *clorine*
 - pembuatan unsur Na dan Cl
 - b. Industri farmasi
 - sebagai bahan baku obat-obatan
 - sebagai bahan pembuat shampo
 - c. Industri pengawet
 - sebagai pembuat pengawet makanan dan ikan
 - d. Industri Tekstil
 - sebagai pewarna pakaian

(Rosalina, 2008)

I.4. Sifak Fisik dan Kimia

I.4.1 Air Laut

Air laut memiliki suhu kritis sebesar 407°C. Salinitas atau kadar garam air laut adalah banyaknya garam (dinyatakan dengan gram) yang terdapat dalam satu liter air laut. Garam di laut berasal dari hasil pelapukan di daratan. Hasil pelapukan ini mengandung bermacam-macam garam, yang oleh air sungai di arutkan, dihanyutkan, serta dibawa ke laut. Hampir di setiap tempat laut memiliki salinitas (kadar garam) antara 33% hingga 37%. Komposisi air laut pada bobot jenis rata-rata 1,0258 kg/liter yaitu dengan kepekatan antara 3-3,5°Be dapat dilihat pada **Tabel 1.5.**

**Tabel 1.5 Komposisi air Laut**

No	Senyawa	%
1	Fe_2O_3	0,0003
2	CaCO_3	0,0120
3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,1793
4	NaCl	3,0462
5	MgSO_4	0,2542
6	MgCl_2	0,3402
7	NaBr	0,0566
8	KCl	0,0547
Total		3,8201

(Sumber: Riley and Skirrow, 1975)

I.4.2 Bahan Baku Pendukung

I.4.2.1 Natrium Hidroksida

Nama Lain	: Soda Lye, Soda api
Rumus Kimia	: NaOH
Berat Molekul	: 40
Warna	: putih
Bau	: berbau kaustik
Densitas	: $2,130 \text{ g/cm}^3$
<i>Melting Point</i>	: $318,4^\circ\text{C}$
<i>Boiling Point</i>	: 1390°C
Bentuk	: Padat
(MSDS NaOH)	



I.4.2.2 Natrium Klorida

Nama IUPAC	: Natrium Klorida
Rumus kimia	: NaCl
Berat Molekul	: 58,44 g mol ⁻¹
Bentuk	: padatan
Densitas	: 0.940 g/cm ³
<i>Boiling Point</i>	: 1413°C
<i>Melting Point</i>	: 801°C
Warna	: Putih
(MSDS NaCl)	

I.4.2.3 Tawas

Rumus molekul	: Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14H ₂ O
Massa molar	: 342.14 g/mol + (14x18)H ₂ O
Densitas	: 1.70 g/cm ³
<i>Boiling Point</i>	: 102 °C
Klarutan dalam air	: 86.9 g/ 100 ml pada 0° C
Bentuk	: Padat
Warna	: Putih
(MSDS Aluminium Sulfate)	

I.4.3 Produk

I.4.3.1 Produk Utama

Produk utama yang dihasilkan dari proses produksi Garam Industri dari air laut adalah garam dengan kandungan natrium 99,5%, kadar air 0,2%, dan impurities 0,5% dengan bentuk kristal yang ditimbang secara otomatis dan *packing* dalam kemasan 1 ton yang telah disiapkan untuk dipasarkan.

I.4.3.1 Produk Samping

Pabrik garam industri ini memiliki produk samping berupa endapan yang dihasilkan dari unit pengendapan di *settling tank* dan *clarifier*.

BAB II

MACAM DAN URAIAN PROSES

Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada. Pemilihan proses dilakukan agar pabrik dapat berproduksi secara efisien dengan mempertimbangkan segala aspek yang ada, baik dari bahan baku, bahan penunjang, sistem utilitas, hingga biaya produksi.

II.1. Macam Proses

Saat ini, kebutuhan garam industri di Indonesia telah mencapai angka yang banyak. Setidaknya, Indonesia membutuhkan 1,8 juta ton per tahunnya untuk mencukupi kebutuhan industri dan sayangnya hingga saat ini 100% garam industri di Indonesia masih *diimport* dari negara lain. Meski kuantitas air laut di Indonesia sangat melimpah, namun hal tersebut tidak lantas menjadi sebuah solusi dan alternatif akan adanya industri penghasil garam industri di Indonesia. Ada beberapa proses pembuatan garam industri atau biasa dikenal dengan nama sodium chlirode (NaCl) dengan masing-masing prinsip, diantaranya adalah proses-proses pembuatan yang akan dijelaskan dibawah ini.

II.1.1. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses *Sedimentation-Microfiltration*

Pada proses ini mereaksikan garam rakyat dengan Na_2CO_3 dan NaOH sehingga timbul endapan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Proses ini dilakukan menggunakan atau tanpa adanya flokulasi agar mendapatkan rasio Ca/Mg secara optimum. Apabila rasio Ca/Mg terlalu besar ataupun terlalu kecil akan mengakibatkan pengendapan impuritas tidak berlangsung dengan baik. Rasio Ca/Mg yang paling baik sebesar 2. Penambahan flokulasi cukup mempengaruhi penurunan kadar Ca^{2+} dan relatif sedikit mempengaruhi penurunan kadar Mg^{2+} .

Pembuatan garam dilakukan dengan menggunakan metode pengendapan dan evaporasi dengan pelarut NaOH dan gas



CO_2 . Pelarut NaOH dan gas CO_2 berfungsi untuk mengendapkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} . Hasil garam yang diperoleh belum sesuai SNI dikarenakan Ca^{2+} yang terendapkan menjadi CaCO_3 kurang maksimal.

Pembuatan garam industri dari air laut dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu penambahan asam stearat dan natrium hidroksida, penambahan natrium karbonat, dan modifikasi penggabungan metode pengendapan dan mirofiltrasi dengan membran. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode modifikasi proses memberikan hasil yang paling baik. Metode pengendapan dan mikrofiltrasi menggunakan pelarut campuran asam stearat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$) dan natrium hidroksida (NaOH). Reaksinya adalah sebagai berikut :



Membran mikrofilter merupakan jenis membran yang digunakan dalam proses mikrofiltrasi. Mikrofiltrasi adalah proses filtrasi terhadap suatu partikel tersuspensi dengan ukuran 0,1 – 10 μm dimana proses adsorbsi terjadi ketika membran menangkap partikel. Membran mikrofilter terdiri dari 2 bagian, yaitu prefilter yang terletak di bagian luar untuk menyaring partikel yang lebih kasar dan membran filter yang lebih tipis dan halus untuk menyaring partikel yang cukup halus. Membran mikrofilter memiliki ukuran diameter poros antara 0,22 – 0,45 μm .

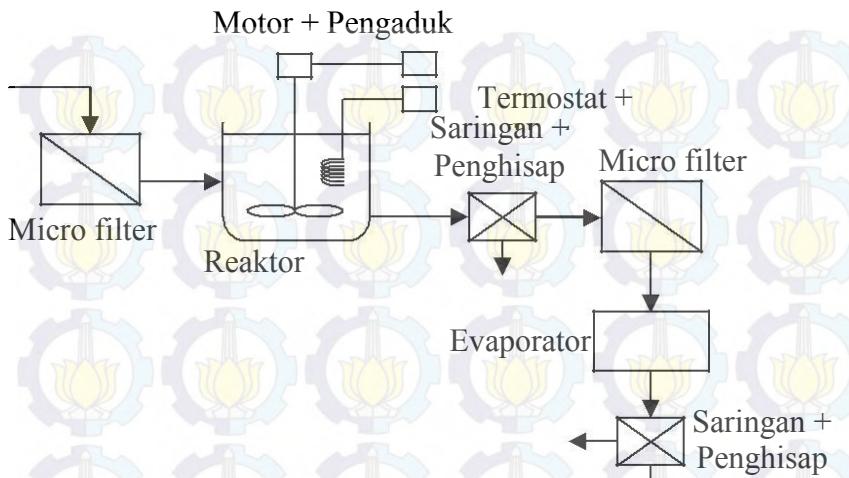
Penelitian ini bertujuan mencari kondisi operasi optimum untuk variabel temperatur dan konsentrasi natrium stearat dalam proses pengendapan garam NaCl dengan menggunakan metode respon permukaan.

Air laut yang dipakai sebagai bahan baku utama diperoleh dari daerah garam di Kabupaten Rembang Jawa Tengah. Bahan pembantu adalah asam stearat dan natrium hidroksida diperoleh dari toko kimia di kota Semarang. Reaktor yang digunakan



berbentuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan heater dan pengendali temperatur. Membran yang digunakan adalah jenis membran mikrofiltrasi dari polisulfon. Penelitian dilakukan dengan variabel tetap adalah waktu proses 60 menit, volume air laut 2 liter, kepekatan air laut 20°Be dan perbandingan mol asam stearat dengan natrium hidroksida 1:1. Respon yang diamati dari penelitian ini adalah konversi pengurangan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} serta penambahan konsentrasi NaCl dalam garam. Konversi pengurangan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} selanjutnya dilakukan perhitungan reratanya.

Proses yang dilakukan meliputi tahap pembuatan larutan natrium stearat, proses reaksi, proses penyaringan, dan proses pembentukan kristal garam. Pembuatan natrium stearat dilakukan dengan cara mereaksikan asam stearat dengan natrium hidroksida. Larutan natrium stearat dibuat dengan cara mencampur asam stearat dan air dengan perbandingan berat 1:1. Air laut terlebih dahulu disaring dan dipanaskan atau diuapkan airnya sampai 20°Be . Air laut selanjutnya direaksikan dengan larutan natrium stearat pada variabel operasi yang telah ditentukan. Reaksi dilakukan dalam reaktor berpengaduk yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Padatan yang terbentuk disaring untuk memisahkan filtrat dengan endapannya. Filtrat yang dihasilkan dianalisis kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} , selanjutnya air diuapkan hingga diperoleh endapan garam untuk dianalisis kadar NaClnya. Analisis kadar Ca dan Mg menggunakan dengan metode kompleksometri, sedangkan analisis logam dan ion yang ada dalam garam dengan menggunakan AAS. Konsentrasi Cl^- dianalisis dengan metode argentometri. Proses pembuatan sodium chloride dengan proses *sedimentation-microfiltration* dijelaskan melalui **Gambar 2.1** dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram Blok Proses *Sedimentation-Microfiltration* (*Widayat, 2009*)

II.1.2. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses *Rock Salt Mining*

Penambangan garam (NaCl) yang telah dilakukan pada beberapa tambang garam dan didapatkan bahwa kualitasnya masih kurang baik, dimana garam tersebut memiliki warna yang agak coklat bahkan abu-abu. Kemurnian garam industri (NaCl) berkisar antara 98,5% sampai 99,4%. Setelah penambangan batuan garam, batuan garam kemudian dihancurkan dengan penghancur (*crusher*) dan kemudian dihancurkan lagi hingga mendapatkan kualitas akhir sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

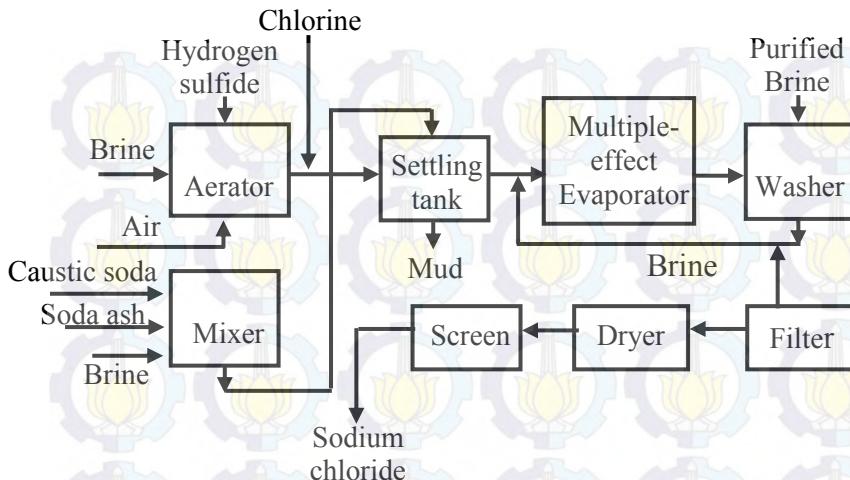
Beberapa peralatan yang umum digunakan dalam penambangan garam ini adalah beberapa buah penghalus (*grinder*) dan *screen* dengan berbagai ukuran. Penggunaan garam dengan kualitas rendah mempunyai harga jual yang rendah pula, akan tetapi masih diperlukan pada dunia industri. (*Arifin, 2011*)



II.1.3. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses *Multiple-Effect Evaporator*

Pada proses ini biasanya digunakan *saturated brine* (leburan garam jenuh) alami yang terkandung di dalam tanah atau danau. *Saturated brine* dapat juga diperoleh dari hasil samping produksi natrium carbonate dengan proses Solvay. Pertama-tama *saturated brine* (leburan garam) dari air dalam tanah dengan kadar H₂S yang terlarut dalam garam, kandungan NaCl maksimum sebesar 0,015%. Perlakuan pendahuluan dari bahan baku brine adalah dengan aerasi untuk menghilangkan kandungan hidrogen sulfide. Penambahan sedikit chlorine dimaksudkan untuk mempercepat penghilangan H₂S dalam *brine*. *Brine* setelah proses aerasi kemudian diumpulkan dalam tangki pengendapan untuk mengendapkan lumpur atau solid yang tidak diinginkan. Pengendapan dibantu dengan penambahan campuran caustic soda, soda ash, dan *brine* sehingga didapatkan larutan garam.

Setelah proses pengendapan, kemudian larutan garam dipekatkan pada evaporator *multi-effect*. Larutan garam pekat kemudian dicuci dengan *brine* untuk memurnikan garam. Larutan garam kemudian difiltrasi pada *filter* untuk proses pemisahan garam dan larutan *brine*. Garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan kandungan yodium pada garam sehingga dihasilkan sodium chloride. Sodium chloride kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Sodium chloride kemudian diaplikasikan dan dipasarkan. Yields yang dihasilkan pada proses ini adalah 99,8%. Proses pembuatan sodium chloride dengan proses *multiple-effect evaporator* dijelaskan melalui **Gambar 2.2** dibawah ini.



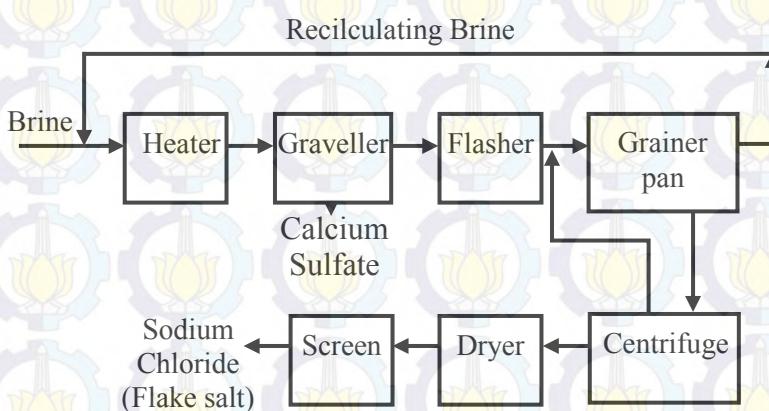
Gambar 2.2 Diagram Blok Proses *Multiple-Effect Evaporator*
(Arifin, 2011)

II.1.4. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses Open Pan

Pembuatan garam dengan proses open pan ini menggunakan bahan baku *brine* yang berasal dari proses pemanasan air laut. Proses ini disebut juga proses “Grainer”, dimana air laut dijenuhkan dengan cara memanaskan pada *heater* pada suhu 230°F (110°C). Larutan *brine* panas kemudian diumpulkan pada *graveller* yang berfungsi untuk memisahkan calcium sulfate pada larutan *brine*. Larutan *brine* kemudian didinginkan pada *flasher* dengan suhu yang dijaga agar garam (NaCl) masih dalam kondisi larut dalam air. Larutan *brine* dingin kemudian diumpulkan ke *open pan pan* yang berfungsi untuk menguapkan air dengan suhu operasi 205°F (96°C) sehingga dihasilkan kristal garam yang kemudian dipisahkan dari *mother liquor* pada *centrifuge*. *Mother liquor* kemudian direcycle kembali pada *open pan pan*, sedangkan kristal garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan



kandungan yodium pada garam sehingga dihasilkan sodium chloride. Sodium chloride kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Sodium chloride kemudian diaplikasikan dan dipasarkan. Yields yang dihasilkan pada proses ini adalah 99,9%. Proses pembuatan sodium chloride dengan proses *open pan* dijelaskan melalui **Gambar 2.3** dibawah ini.



Gambar 2.3 Diagram Blok Proses *Open Pan*
(Arifin, 2011)

II.1.5. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses Solar Evaporator

Proses ini merupakan proses paling tradisional dibandingkan dengan proses-proses yang lain. Garam dengan proses pengukapan air laut dengan tenaga surya ini sangat bergantung pada kondisi iklim pada daerah yang diaplikasikan serta bergantung pada luas areanya. Dengan kondisi air laut yang rata-rata mengandung padatan sekitar 3,7%, setelah melewati proses kristalisasi hanya mampu menghasilkan garam dengan kemurnian 75%. Kemudian dengan proses penghancuran,



pencucian, pengeringan, dan klasifikasi, kadar garam dapat dinaikkan sampai dengan 95%.

II.2. Seleksi Proses

Berdasarkan macam-macam proses yang telah diuraikan diatas, maka dapat diperoleh perbandingan dari proses-proses tersebut untuk mendapatkan proses yang paling efektif dan efisien. Perbandingan macam-macam proses tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dibawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan Sodium Chloride

Parameter	Jenis Proses				
	Sedimentation-Microfiltration	Rock Salt Mining	Multiple Effect Evaporator	Open Pan	Solar Evaporator
Bahan Baku	Air Laut / Brine	Batuan Garam	Brine	Air Laut	Air Laut
Impuritis	< 0,5%	< 0,5 – 0,8 %	< 0,7 %	< 0,5 – 0,8 %	< 1%
Bahan Pendukung	Natrium stearat	-	Soda ash, caustic soda	Steam	-
Hasil Produk	99%	98,5% - 99%	99%	98,5% - 99%	95%
Utilitas	Ekonomis	Mahal	Ekonomis	Ekonomis	Ekonomis
Instrumentasi	Sederhana	Mahal	Mahal	Sederhana	Sederhana

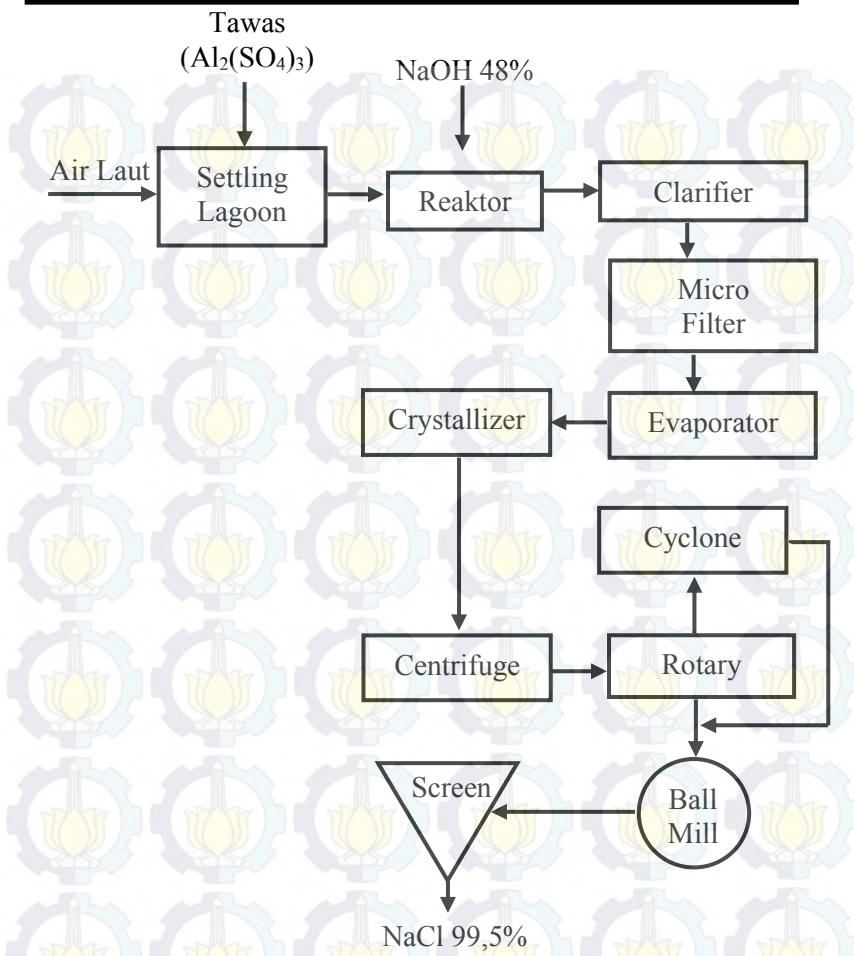


Dari berbagai pertimbangan yang telah diuraikan pada **Tabel 2.1**, maka proses yang dipilih dalam pembuatan sodium chloride adalah proses *Sedimentation-Microfiltration* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku berupa air laut sangat melimpah dan mudah didapatkan karena Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia.
2. Bahan baku berupa air laut dapat diperoleh secara gratis tanpa harus mengeluarkan biaya pembelian bahan baku.
3. Impuritas yang tersisa paling sedikit dibandingkan dengan proses yang lain karena telah melalui berbagai proses filtrasi.
4. Konsentrasi produk yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan proses yang lain.
5. Sodium chloride yang dihasilkan dapat memenuhi standar SNI maupun SII.
6. Memiliki produk samping berupa air bersih yang cukup melimpah sehingga dapat dimanfaatkan untuk sistem utilitas dan diolah untuk menjadi air bersih yang sesuai dengan baku mutu kemudian dijual.
7. Instrumentasi yang digunakan cukup sederhana, sehingga tidak mengeluarkan biaya yang terlalu mahal.

II.3. Uraian Proses Terpilih

Berikut adalah diagram blok pembuatan Sodium Chloride (NaCl) dengan proses *Sedimentation-Microfiltration* setelah melalui beberapa inovasi proses agar lebih efektif dan efisien:



Gambar 2.4 Diagram Blok Proses Pembuatan Sodium Chloride

Pada pra perancangan pabrik Sodium Chloride ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Tahap *Pre-Treatment* Bahan Baku
2. Tahap Pemasakan



3. Tahap Pengolahan Produk

Adapun uraian dan penjelasan dari proses diatas adalah:

1. Tahap *Pre-Treatment* Bahan Baku

Bahan baku berupa air laut dengan konsentrasi awal NaCl sebesar 3,05% dengan suhu 32°C dipompa menuju Settling Lagoon/tangki sedimentasi (F-110) sebagai tempat pengolahan pertama yang digunakan untuk proses pengendapan impuritis/zat pengotor berbentuk solid. Pada Settling Lagoon, ditambahkan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebagai flokulasi agar terjadi proses disiatisasi sehingga zat-zat padat dalam suspensi kecil dapat membentuk flok-flok untuk mempercepat proses pengendapan suspensi tersebut. Selanjutnya, air laut dialirkan menuju Reaktor (R-120) untuk mereaksikan komponen-komponen di dalam air laut dengan NaOH 48%, agar komponen-komponen dalam bentuk *aquos* dapat membentuk padatan solid agar nantinya lebih mudah untuk dihilangkan. Selain untuk membentuk produk solid, reaksi yang terjadi juga dapat meningkatkan jumlah kandungan NaCl di dalam air laut. Reaktor yang digunakan adalah tipe CSTR dengan tekanan operasi 1 atm dan suhu operasi sebesar 32°C dengan pendingin yang diekspansi melalui *jacket*. Di dalam Reaktor terjadi reaksi sebagai berikut:

- I. $\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$
 - II. $\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}_{(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 - III. $\text{MgSO}_{4(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$
 - IV. $\text{MgCl}_{2(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(s)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$
 - V. $\text{KCl}_{(s)} + \text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{KOH}_{(s)}$
- (Shreve's : 232)

Produk hasil reaksi dan sisa reaktan yang tidak bereaksi sebesar 10% kemudian dialirkan menuju Clarifier (H-130) untuk memisahkan liquid dengan padatan. Clarifier bekerja pada kondisi operasi 30°C dan tekanan 1 atm. Pada Clarifier, padatan akan mengendap kemudian liquid akan mengalami



overflow sehingga terpisah dari padatan. Air laut yang keluar dari Clarifier masih memiliki impurities-impurities dengan ukuran yang sangat kecil yang terlarut di dalam air laut karena belum terpisahkan dari Clarifier. Untuk menghilangkan impurities tersebut maka diperlukan proses filtrasi dengan menggunakan Microfilter (H-140) untuk menyaring impurities-impurities dengan ukuran yang sangat kecil. Microfilter yang digunakan adalah Microfilter dengan ukuran filter sebesar $0,5\mu\text{m}$. Padatan yang tersaring diatas microfilter selanjutnya dialirkan menuju unit pengolahan limbah padat, sedangkan filtrat akan dialirkan menuju proses pemasakan untuk membentuk kristal sodium chloride (NaCl).

2. Tahap Pemasakan

Proses pertama pada tahap pemasakan adalah proses evaporasi untuk mengurangi kadar air di dalam air laut dengan cara penguapan H_2O dengan menggunakan Evaporator (V-210). Evaporator yang digunakan adalah *triple-effect evaporator* dengan umpan maju. Steam evaporator diperoleh dari boiler dengan suhu 148°C dan tekanan 4,5 atm. Air boiler diperoleh dari air proses dan hasil kondensasi dari vapor yang keluar dari evaporator III yang telah melalui proses *Water Treatment*. Evaporator akan memekatkan brine/larutan garam dari konsentrasi 3,05% menjadi 60%. Kondensat dari evaporator berupa *mother liquor* dialirkan ke unit pengolahan limbah cair, sedangkan vapor yang keluar dari evaporator III dialirkan menuju Barometric Condenser (E-211) sehingga uap H_2O dapat terkondensasi menjadi liquid yang kemudian digunakan kembali untuk menunjang sistem utilitas. Sementara itu, brine pekat yang keluar dari evaporator selanjutnya dialirkan ke dalam Crystallizer (X-220). Proses kristalisasi pada Crystallizer menggunakan proses pendinginan dan penambahan inti garam (NaCl) untuk mempercepat proses kristalisasi dengan suhu operasi sebesar 32°C dan tekanan 1 atm. Produk yang keluar dari Crystallizer berupa campuran



kristal sodium chloride (NaCl) dan *mother liquor* yang akan dipisahkan menggunakan Centrifuge (H-230). Centrifuge akan memisahkan kristal-kristal garam basah dengan *mother liquor* yang terbentuk saat proses kristalisasi. Mother Liquor akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah dan kristal NaCl basah kemudian akan melalui proses pengeringan.

Proses pengeringan kristal NaCl basah dilakukan dengan menggunakan Rotary Dryer (B-240) dengan bantuan udara panas sebagai pengering. Udara panas yang digunakan memiliki suhu 40°C dan kondisi operasi di dalam Rotary Dryer adalah 40°C dengan tekanan 1 atm. Pada saat proses pengeringan, terdapat komponen solid yang terbawa dengan udara panas yang akan dipisahkan dengan Cyclone (H-241). Produk kristal kering dari Rotary Dryer dan Cyclone selanjutnya akan melalui tahap pengolahan produk.

3. Tahap Pengolahan Produk

Produk kristal kering dari Rotary Dryer dan Cyclone selanjutnya akan didistribusikan menggunakan Screw Conveyor (J-311) menuju Elevator (J-312) yang akan membawa kristal kering menuju Ball Mill (C-310) untuk menghancurkan dan menghaluskan kristal-kristal NaCl agar memiliki ukuran yang lebih kecil. Kristal-kristal halus selanjutnya dipilah menggunakan Screener (H-320) dengan ukuran 100 mesh. Kristal NaCl yang tidak lolos dari Screener akan direcycle kembali ke Ball Mill untuk kembali dihaluskan sedangkan kristal NaCl yang lolos dari Screener dan memiliki ukuran 100 mesh akan dibawa menuju Silo Penyimpanan Produk (F-330) yang selanjutnya akan melalui proses packaging dan pengiriman ke konsumen.

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Produk

$$= 180000 \text{ ton/tahun}$$

$$= 545,455 \text{ ton/hari}$$

$$= 545454,55 \text{ kg/hari}$$

$$= 330 \text{ hari/tahun (24 jam/hari)}$$

$$= \text{kg}$$

$$= 1 \text{ hari}$$

Waktu Operasi

Satuan Massa

Basis Operasi

Untuk memenuhi kebutuhan kapasitas produk, dibutuhkan bahan baku berupa air laut sebesar 14400000 kg/hari.

Komposisi Air Laut

Komposisi	%	Bahan Baku (kg/hari)	Massa (kg/hari)
$\text{CaCO}_{3(s)}$	0,00012	14400000	1728
$\text{CaSO}_{4,2\text{H}_2\text{O}_{(aq)}}$	0,00179	14400000	25819,20
$\text{NaCl}_{(aq)}$	0,03050	14400000	439200
$\text{MgSO}_{4(aq)}$	0,00254	14400000	36604,80
$\text{MgCl}_{2(aq)}$	0,00340	14400000	48960
$\text{NaBr}_{(s)}$	0,00057	14400000	8150,40
$\text{KCl}_{(s)}$	0,00055	14400000	7876,80
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	0,96053	14400000	13831660,80
Total	1		14400000,00

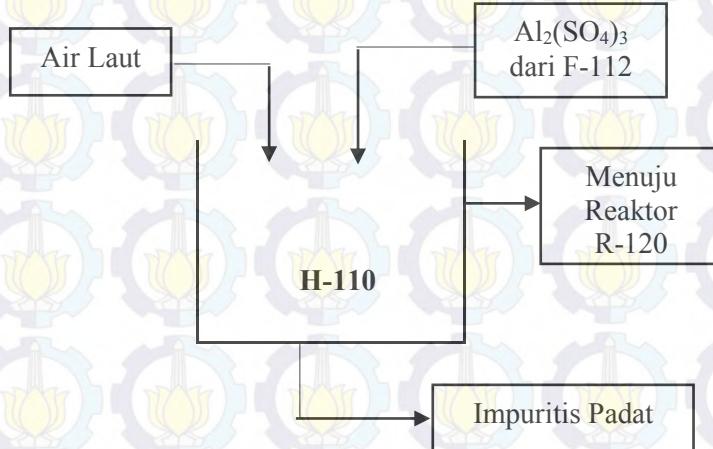


1. SETTLING LAGOON (H-110)

Fungsi : Tempat pengolahan air untuk menghilangkan zat padat yang ada dalam bentuk suspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan pada air.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed Air Laut		Impurities padat	
CaCO _{3(s)}	1728	CaCO _{3(s)}	1382,40
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	25819,20	NaBr _(s)	6520,32
NaCl _(aq)	439200	KCl _(s)	6301,44
MgSO _{4(aq)}	36604,80	flok-flok	57,60



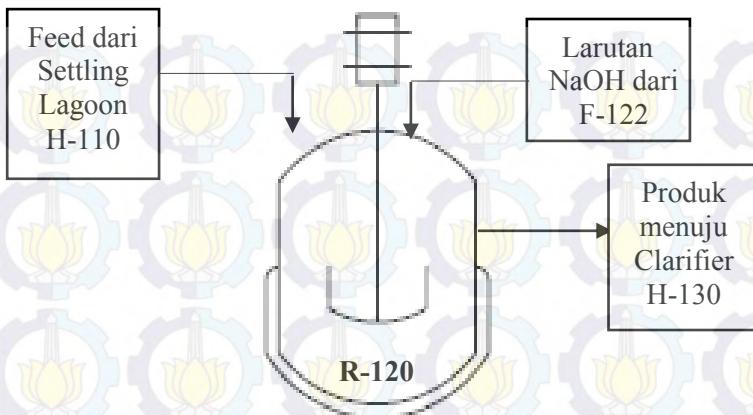
MgCl _{2(aq)}	48960		
NaBr _(s)	8150,40	Liquid menuju R-120	
KCl _(s)	7876,80	CaCO _{3(s)}	345,60
H ₂ O _(l)	13831660,80	CaSO _{4,2H₂O(aq)}	25819,20
		NaCl _(aq)	439200
Tawas dari F-112		MgSO _{4(aq)}	36604,80
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	72	MgCl _{2(aq)}	48960
		NaBr _(s)	1630,08
		KCl _(s)	1575,36
		H ₂ O _(l)	13831660,80
		flok-flok	14,40
JUMLAH	14400072	JUMLAH	14400072

2. REAKTOR (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan komponen-komponen pengotor di dalam air laut dengan NaOH agar menghasilkan produk berupa suspensi padat.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu
- Waktu Tinggal = 1 jam



Reaksi yang terjadi di dalam Reaktor (R-120):

- I. $\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$
- II. $\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}_{(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- III. $\text{MgSO}_{4(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$
- IV. $\text{MgCl}_{2(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(s)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$
- V. $\text{KCl}_{(s)} + \text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{KOH}_{(s)}$

(Shreve's dan Kauffman)

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari H-110		Produk menuju H-130	
$\text{CaCO}_{3(s)}$	345,60	Reaksi I:	
$\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}_{(aq)}$	25819,2	$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$	329,37
$\text{NaCl}_{(aq)}$	439200	$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	230,21



Bab III Neraca Massa

MgSO _{4(aq)}	36604,80	Reaksi II:	
MgCl _{2(aq)}	48960	Na ₂ SO _{4(s)}	19174,06
NaBr _(s)	1630,08	Ca(OH) _{2(aq)}	10000,10
KCl _(s)	1575,36	H ₂ O _(l)	4859,66
H ₂ O _(l)	13831661	Reaksi III:	
flok-flok	14,40	Na ₂ SO _{4(s)}	38875,23
		Mg(OH) _{2(aq)}	15958,99
NaOH dari F-122		Reaksi IV:	
NaOH _(aq)	78567,74	NaCl _(aq)	54093,06
		Mg(OH) _{2(aq)}	26986,37
		Reaksi V:	
		NaCl _(aq)	1111,44
		KOH _(s)	1066,93
		NaOH _{(s) sisa}	7856,77
		Komponen tidak bereaksi	11330,50
		NaCl _(aq)	439200
		NaBr _(s)	1630,08
		H ₂ O _(l)	13831661
		flok-flok	14,40
JUMLAH	14464377,98	JUMLAH	14464377,98

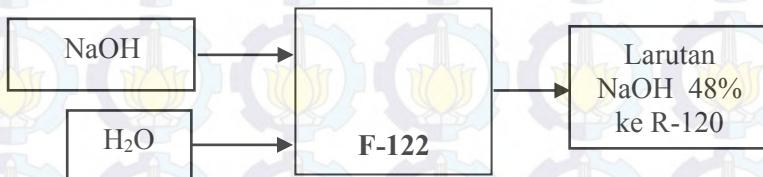


3. TANGKI PENGENCERAN NaOH (F-122)

Fungsi : Untuk melarutkan NaOH padat (*caustic soda*) dengan air agar terbentuk larutan NaOH yang akan digunakan sebagai reaktan reaksi pada Reaktor.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = 1 jam



Konsentrasi NaOH yang dibutuhkan untuk mereaksikan komponen-komponen di dalam reaktor adalah sebesar 48%.

Dari hasil perhitungan pada Appendiks A, untuk dapat mereaksikan komponen di dalam Reaktor diperlukan larutan NaOH sebanyak 78567,74 kg/hari.

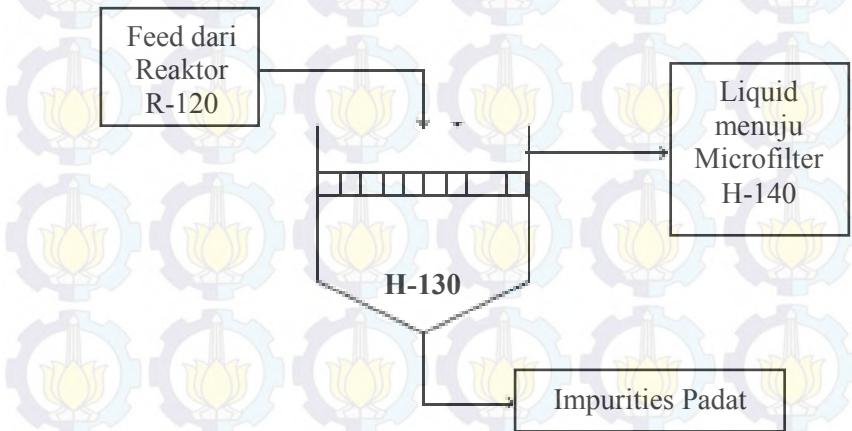
NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
NaOH padat	37712,51	Menuju R-130	
H ₂ O	40855,22	Larutan NaOH	78567,74
JUMLAH	78567,74	JUMLAH	78567,74

4. CLARIFIER (H-130)

Fungsi : Untuk mengendapkan padatan yang terlarut, sehingga memisahkan komponen padat dari larutan brine.

**Kondisi Operasi :**

- Suhu Operasi = 30°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari R-120		Impurities Padat	
Reaksi I:		$\text{CaCO}_{3(s)}$	24,19
$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$	329,37	$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$	230,56
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	230,21	$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$	40634,50
Reaksi II:		$\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$	30061,75
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$	19174,06	$\text{KCl}_{(s)}$	110,28
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	10000,10	$\text{KOH}_{(s)}$	746,85
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	4859,66	$\text{NaBr}_{(s)}$	1141,06



Reaksi III:		flok-flok	10,08
Na ₂ SO _{4(s)}	38875,23	Ca(OH) _{2(aq)}	204,61
Mg(OH) _{2(aq)}	15958,99	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	51,64
Reaksi IV:		H ₂ O _(l)	276730,41
NaCl _(aq)	54093,06	MgSO _{4(aq)}	73,21
Mg(OH) _{2(aq)}	26986,37	MgCl _{2(aq)}	97,92
Reaksi V:		NaCl _(aq)	9888,09
NaCl _(aq)	1111,44	NaOH _(aq)	157,14
KOH _(s)	1066,93		
NaOH _(s) sisa	7856,77	Liquid menuju H-140	
Komponen	11330,50	CaCO _{3(s)}	10,37
tidak bereaksi		Na ₂ CO _{3(s)}	98,81
NaCl _(aq)	439200	Na ₂ SO _{4(s)}	17414,79
NaBr _(s)	1630	Mg(OH) _{2(s)}	12883,61
H ₂ O _(l)	13831661	KCl _(s)	47,26
flok-flok	14,40	KOH _(s)	320,08
		NaBr _(s)	489,02
		flok-flok	4,32
		Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
		CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
		H ₂ O _(l)	13559790,05
		MgSO _{4(aq)}	3587,27
		MgCl _{2(aq)}	4798,08



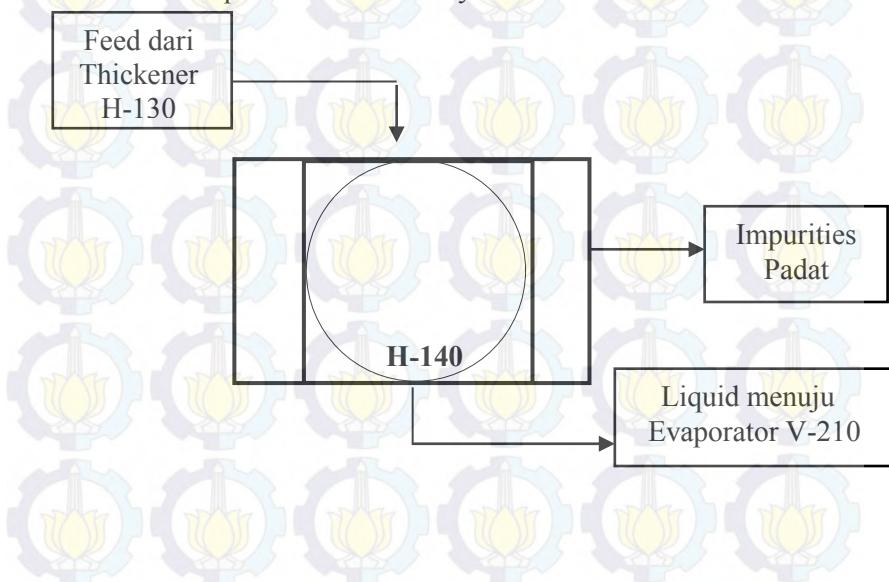
		NaCl _(aq)	484516,41
		NaOH _(aq)	7699,64
JUMLAH	14464377,98	JUMLAH	14464377,98

5. MICROFILTER (H-140)

Fungsi : Untuk menyaring suspensi-suspensi terkecil yang ada dalam larutan brine dengan ukuran filter 0,5µm. Microfilter akan menghilangkan partikel solid terikut di dalam larutan dan tidak mengendap di dalam thickener.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 30°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu





NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari H-130		Impurities Padat	
CaCO _{3(s)}	10,37	CaCO _{3(s)}	10,37
Na ₂ CO _{3(s)}	98,81	Na ₂ CO _{3(s)}	98,81
Na ₂ SO _{4(s)}	17414,79	Na ₂ SO _{4(s)}	17414,79
Mg(OH) _{2(s)}	12883,61	Mg(OH) _{2(s)}	12883,61
KCl _(s)	47,26	KCl _(s)	47,26
KOH _(s)	320,08	KOH _(s)	320,08
NaBr _(s)	489,02	NaBr _(s)	489,02
flok-flok	4,32	flok-flok	4,32
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71		
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	Liquid menuju V-210	
H ₂ O _(l)	13559790,05	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
MgSO _{4(aq)}	3587,27	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
MgCl _{2(aq)}	4798,08	H ₂ O _(l)	13559790,05
NaCl _(aq)	484516,41	MgSO _{4(aq)}	3587,27
NaOH _(aq)	7699,64	MgCl _{2(aq)}	4798,08
		NaCl _(aq)	484516,41
		NaOH _(aq)	7699,64
JUMLAH	14104215,70	JUMLAH	14104215,70



6. EVAPORATOR (V-210)

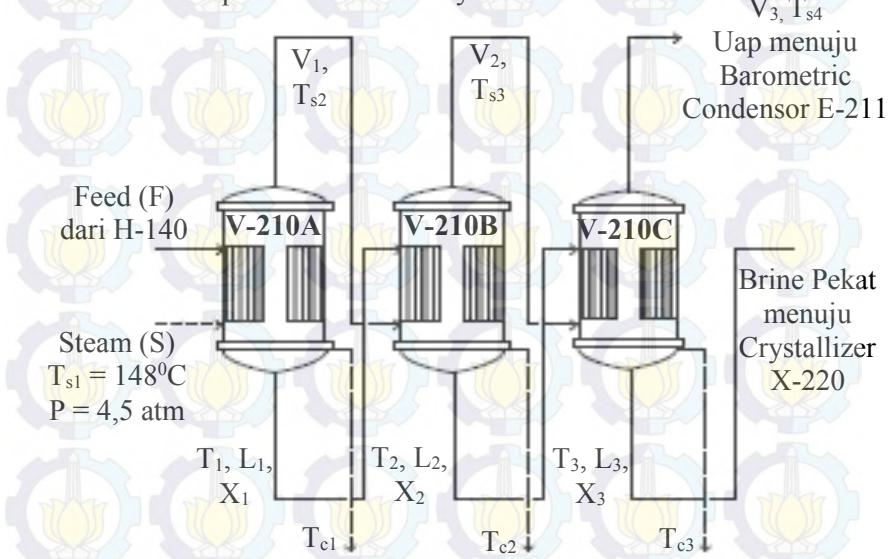
Fungsi : Untuk mengurangi kandungan air dalam larutan garam (brine) sehingga dapat meningkatkan konsentrasi NaCl di dalam brine agar lebih pekat.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = berdasarkan perhitungan multiple effect

- Tekanan Operasi = 4,5 atm (*Ulrich : 426*)

- Waktu Operasi = Kontinyu



Neraca Massa tiap Effect

NERACA MASSA EFFECT I			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari H-140		Ke Effect II	
$\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$	10025,71	$\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$	10025,71
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	2530,28	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	2530,28



$H_2O_{(l)}$	13559790,05	$H_2O_{(l)}$	9137983,35
$MgSO_{4(aq)}$	3587,27	$MgSO_{4(aq)}$	3587,27
$MgCl_{2(aq)}$	4798,08	$MgCl_{2(aq)}$	4798,08
$NaCl_{(aq)}$	484516,41	$NaCl_{(aq)}$	484516,41
$NaOH_{(aq)}$	7699,64	$NaOH_{(aq)}$	7699,64
		Uap Air (H_2O)	4421806,70
JUMLAH	14072947,44	JUMLAH	14072947,44

NERACA MASSA EFFECT II			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect I		Ke Effect III	
$Ca(OH)_{2(aq)}$	10025,71	$Ca(OH)_{2(aq)}$	10025,71
$CaSO_4 \cdot 2H_2O_{(aq)}$	2530,28	$CaSO_4 \cdot 2H_2O_{(aq)}$	2530,28
$H_2O_{(l)}$	9137983,35	$H_2O_{(l)}$	4716176,66
$MgSO_{4(aq)}$	3587,27	$MgSO_{4(aq)}$	3587,27
$MgCl_{2(aq)}$	4798,08	$MgCl_{2(aq)}$	4798,08
$NaCl_{(aq)}$	484516,41	$NaCl_{(aq)}$	484516,41
$NaOH_{(aq)}$	7699,64	$NaOH_{(aq)}$	7699,64
		Uap Air (H_2O)	4421806,70
JUMLAH	9651140,74	JUMLAH	9651140,74



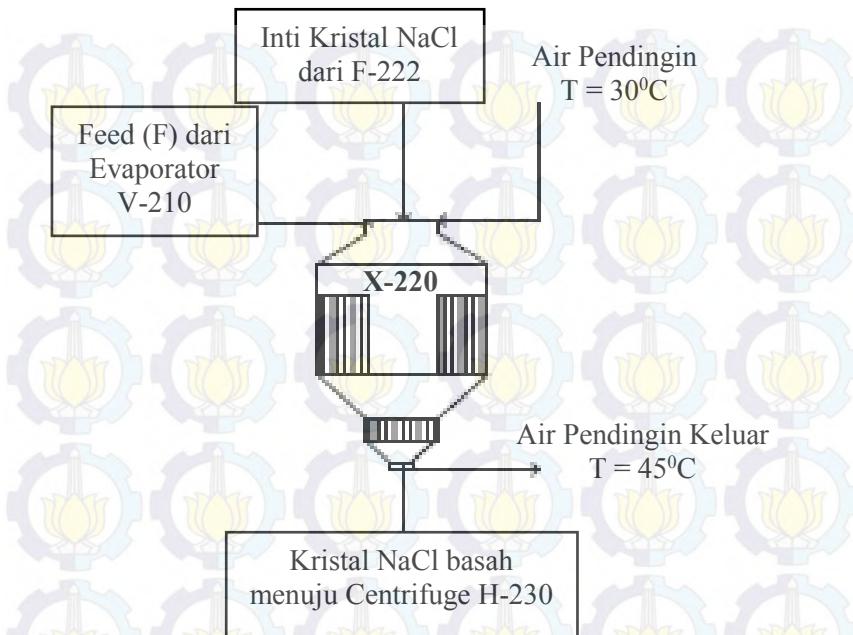
NERACA MASSA EFFECT III			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect II		Brine pekat menuju X-220	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	4716176,66	H ₂ O _(l)	294369,96
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41
NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	5229334,04	JUMLAH	5229334,04

7. CRYSTALLIZER (X-220)

Fungsi : Untuk membentuk kristal-kristal garam dari larutan brine.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Jenis crystallizer yang digunakan pada proses kristalisasi ini adalah Swenson Walker Crystallizer dengan pendingin *jacket*. Crystallizer jenis ini adalah jenis crystallizer yang biasa dipakai di industri gula/garam (*Fouust : 518*).

Terdapat 4 macam proses kristalisasi, yaitu dengan cara pemanasan, pendinginan, adiabatik, dan penambahan garam. Pada proses kristalisasi ini digunakan proses pendinginan dengan air pendingin yang dialirkan melalui *jacket* dan dengan penambahan garam. Garam yang dibutuhkan adalah 0,01% dari massa feed.



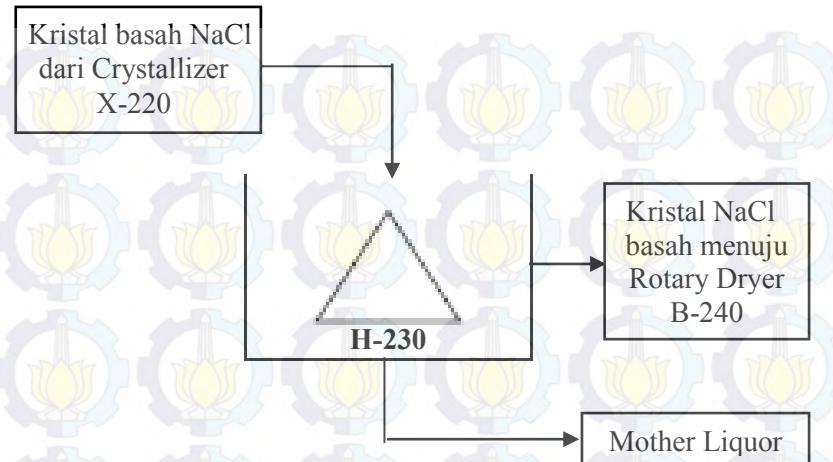
NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Brine pekat dari V-210		Kristal NaCl basah ke H-230	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	294369,96	H ₂ O _(l)	226764,50
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30
NaOH _(aq)	7699,64	NaCl _(aq)	9690,33
		NaOH _(aq)	7699,64
Inti Kristal dari F-222			
NaCl.2H ₂ O _(s)	80,75		
JUMLAH	807608,10	JUMLAH	807608,10

8. CENTRIFUGE (H-230)

Fungsi : Untuk memisahkan kristal-kristal NaCl dengan mother liquor.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal basah dari X-220		Mother Liquor	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	9524,42
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2403,77
H ₂ O _(l)	226764,50	MgSO _{4(aq)}	3407,91
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgCl _{2(aq)}	4558,18
MgCl _{2(aq)}	4798,08	NaCl _(aq)	9205,81
NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30	NaOH _(aq)	7314,66
NaCl _(aq)	9690,33		
NaOH(aq)	7699,64		
		Kristal basah menuju B-240	
		NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30



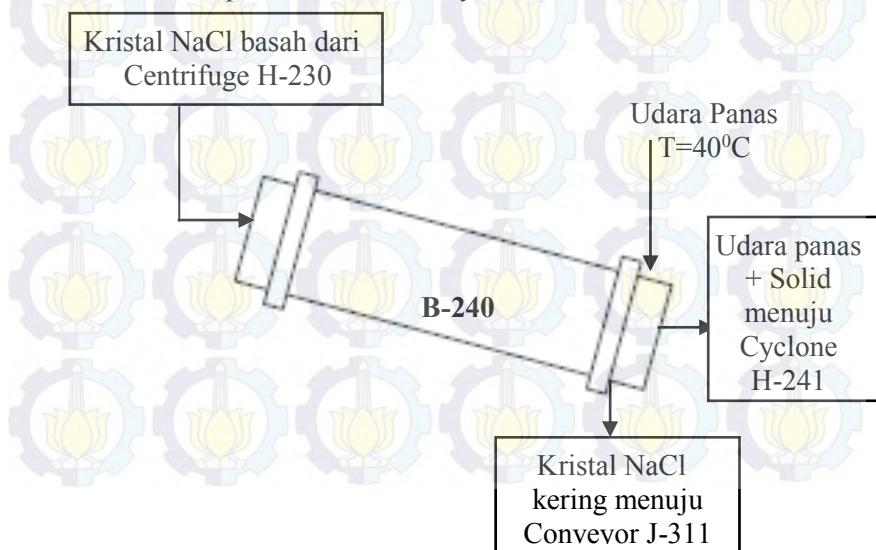
		$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$	501,29
		$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	126,51
		$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	226764,50
		$\text{MgSO}_{4(\text{s})}$	179,36
		$\text{MgCl}_{2(\text{s})}$	239,90
		$\text{NaCl}_{(\text{s})}$	484,52
		$\text{NaOH}_{(\text{s})}$	384,98
JUMLAH	807608,10	JUMLAH	807608,10

9. ROTARY DRYER (B-240)

Fungsi : Untuk mengeringkan kristal NaCl dengan udara panas.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 40°C
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu





NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl basah dari H-230		Udara panas+Solid menuju H-241	
NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30	NaCl.2H ₂ O _(s)	5425,12
NaCl _(s)	484,52	NaCl _(s)	4,85
Ca(OH) _{2(s)}	501,29	Ca(OH) _{2(s)}	5,01
CaSO _{4.2H₂O(s)}	126,51	CaSO _{4.2H₂O(s)}	1,27
MgSO _{4(s)}	179,36	MgSO _{4(s)}	1,79
MgCl _{2(s)}	239,90	MgCl _{2(s)}	2,40
NaOH _(s)	384,98	NaOH _(s)	3,85
H ₂ O _(l)	225684,37		
		Udara Basah :	
Udara Panas		Udara Kering	66285229,04
Udara Kering	66285229,04	Uap Air	1716021,89
Uap Air	1491417,65		
		Kristal NaCl kering menuju J-311	
		NaCl.2H ₂ O _(s)	537087,17
		NaCl _(s)	479,67
		Ca(OH) _{2(s)}	496,27
		CaSO _{4.2H₂O(s)}	125,25
		MgSO _{4(s)}	177,57
		MgCl _{2(s)}	237,50
		NaOH _(s)	381,13
		H ₂ O _(l)	1080,13



JUMLAH	68546759,93	JUMLAH	68546759,93

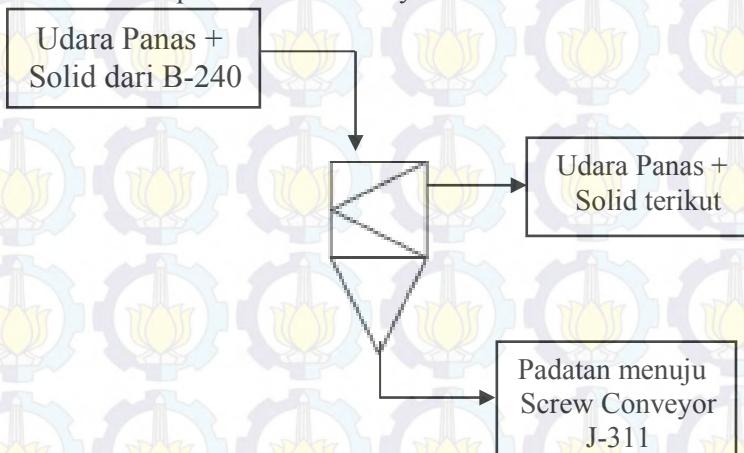
10. CYCLONE (H-241)

Fungsi : Untuk memisahkan padatan dan udara panas.

Efisiensi cyclone = 99% (*Ludwig* : 165)

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Udara Panas + Solid dari B-240		Udara Panas + Solid terikut	
$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	5425,12	$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	54,25
$\text{NaCl}_{(s)}$	4,85	$\text{NaCl}_{(s)}$	0,05



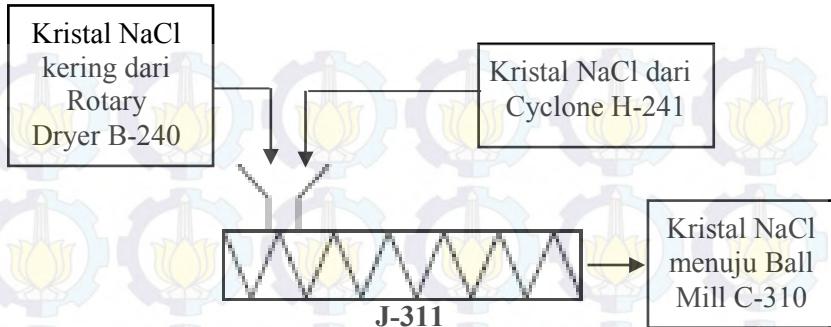
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$	5,01	$\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$	0,05
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	1,27	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	0,01
$\text{MgSO}_{4(s)}$	1,79	$\text{MgSO}_{4(s)}$	0,02
$\text{MgCl}_{2(s)}$	2,40	$\text{MgCl}_{2(s)}$	0,02
$\text{NaOH}_{(s)}$	3,85	$\text{NaOH}_{(s)}$	0,04
Udara Panas		Udara Kering	66285229,04
Udara Kering	66285229,04	Uap Air	1716021,89
Uap Air	1716021,89		
		Padatan menuju J-311	
		$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	5370,87
		$\text{NaCl}_{(s)}$	4,80
		$\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$	4,96
		$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	1,25
		$\text{MgSO}_{4(s)}$	1,78
		$\text{MgCl}_{2(s)}$	2,38
		$\text{NaOH}_{(s)}$	3,81
JUMLAH	68006695,22	JUMLAH	68006695,22

11. SCREW CONVEYOR (J-311)

Fungsi : Untuk mendistribusikan kristal NaCl kering menuju elevator kemudian menuju Ball Mill.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl kering dari B-240		Kristal NaCl menuju C-310	
NaCl·2H ₂ O _(s)	537087,17	NaCl·2H ₂ O _(s)	542458,05
NaCl _(s)	479,67	NaCl _(s)	484,47
Ca(OH) _{2(s)}	496,27	Ca(OH) _{2(s)}	501,24
CaSO ₄ ·2H ₂ O _(s)	125,25	CaSO ₄ ·2H ₂ O _(s)	126,50
MgSO _{4(s)}	177,57	MgSO _{4(s)}	179,35
MgCl _{2(s)}	237,50	MgCl _{2(s)}	239,88
NaOH _(s)	381,13	NaOH _(s)	384,94
H ₂ O _(l)	1080,13	H ₂ O _(l)	1080,13
<hr/>			
Kristal NaCl dari H-241			
NaCl·2H ₂ O _(s)	5370,87		
NaCl _(s)	4,80		
Ca(OH) _{2(s)}	4,96		
CaSO ₄ ·2H ₂ O _(s)	1,25		



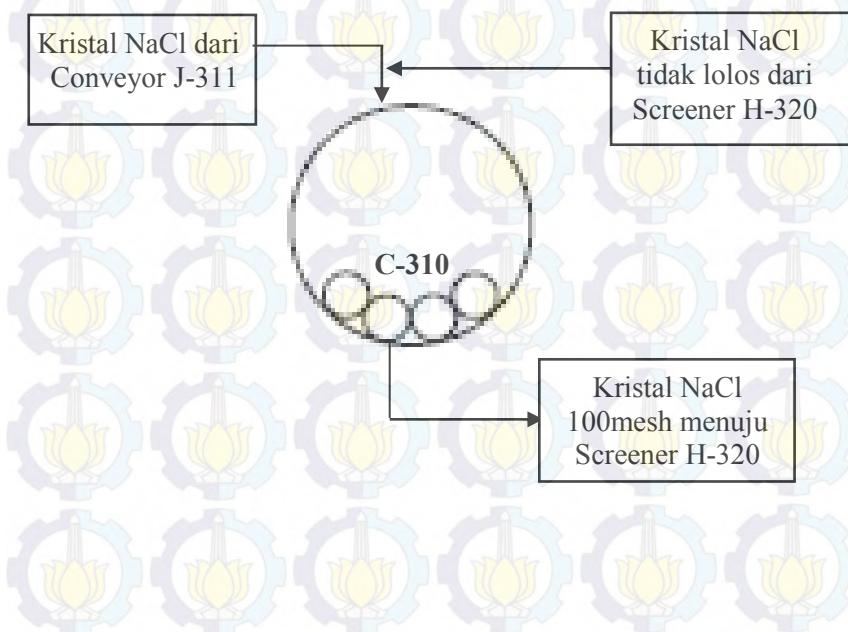
$\text{MgSO}_{4(\text{s})}$	1,78		
$\text{MgCl}_{2(\text{s})}$	2,38		
$\text{NaOH}_{(\text{s})}$	3,81		
JUMLAH	545454,55	JUMLAH	545454,55

12. BALL MILL (C-310)

Fungsi : Untuk menghaluskan kristal menjadi ukuran yang sangat kecil (100mesh).

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu





Bab III Neraca Massa

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl dari J-311		Kristal NaCl 100mesh menuju F-330	
NaCl.2H ₂ O _(s)	542458,05	NaCl.2H ₂ O _(s)	569580,95
NaCl _(s)	484,47	NaCl _(s)	508,69
Ca(OH) _{2(s)}	501,24	Ca(OH) _{2(s)}	526,30
CaSO _{4.2H₂O(s)}	126,50	CaSO _{4.2H₂O(s)}	132,83
MgSO _{4(s)}	179,35	MgSO _{4(s)}	188,31
MgCl _{2(s)}	239,88	MgCl _{2(s)}	251,87
NaOH _(s)	384,94	NaOH _(s)	404,19
H ₂ O _(l)	1080,13	H ₂ O _(l)	1134,14
Kristal NaCl tidak lolos H-320			
NaCl.2H ₂ O _(s)	27122,90		
NaCl _(s)	24,22		
Ca(OH) _{2(s)}	25,06		
CaSO _{4.2H₂O(s)}	6,33		
MgSO _{4(s)}	8,97		
MgCl _{2(s)}	11,99		
NaOH _(s)	19,25		
H ₂ O _(l)	54,01		
JUMLAH	572727,28	JUMLAH	572727,28

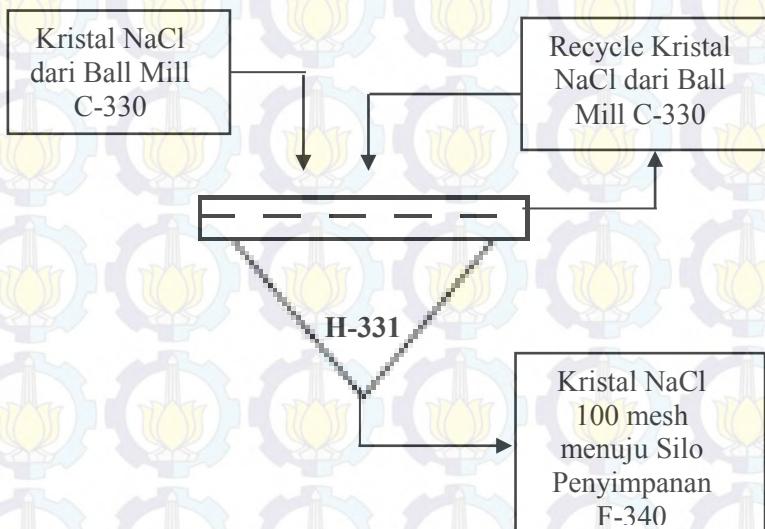


13. SCREENER (H-331)

Fungsi : Untuk memisahkan produk kristal NaCl dengan ukuran 100 mesh.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl dari C-330		Produk NaCl menuju F-340	
NaCl ₂ H ₂ O _(s)	569580,95	NaCl ₂ H ₂ O _(s)	542458,05
NaCl _(s)	508,69	NaCl _(s)	484,47
Ca(OH) _{2(s)}	526,30	Ca(OH) _{2(s)}	501,24



Bab III Neraca Massa

CaSO ₄ .2H ₂ O _(s)	132,83	CaSO ₄ .2H ₂ O _(s)	126,50
MgSO _{4(s)}	188,31	MgSO _{4(s)}	179,35
MgCl _{2(s)}	251,87	MgCl _{2(s)}	239,88
NaOH _(s)	404,19	NaOH _(s)	384,94
H ₂ O _(l)	1134,14	H ₂ O _(l)	1080,13
		Kristal NaCl direcycle menuju C-310	
		NaCl.2H ₂ O _(s)	27122,90
		NaCl _(s)	24,22
		Ca(OH) _{2(s)}	25,06
		CaSO ₄ .2H ₂ O _(s)	6,33
		MgSO _{4(s)}	8,97
		MgCl _{2(s)}	11,99
		NaOH _(s)	19,25
		H ₂ O _(l)	54,01
JUMLAH	572727,28	JUMLAH	572727,28

Spesifikasi Produk :

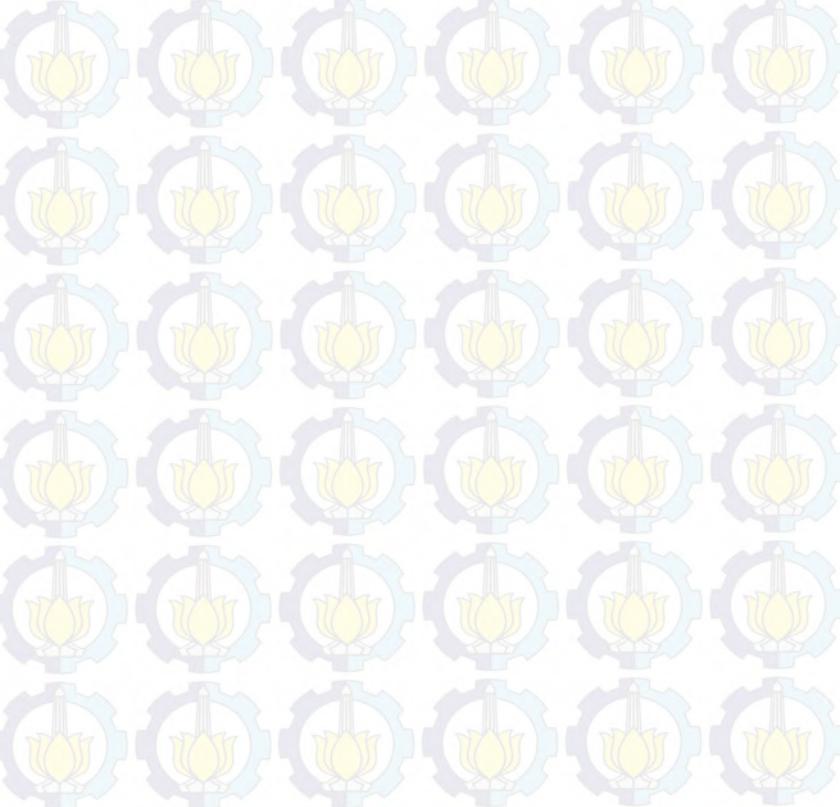
Komponen	Berat (kg/hari)	% Berat
NaCl.2H ₂ O	542458,05	99,451
NaCl	484,47	0,089
Ca(OH) ₂	501,24	0,092
CaSO ₄ .2H ₂ O	126,50	0,023
MgSO ₄	179,35	0,033
MgCl ₂	239,88	0,044



NaOH	384,94	0,071
H ₂ O	1080,13	0,198
Total	545454,55	100

Berdasarkan standar, kadar Sodium Chloride (NaCl) pada garam industri = 98,5% (*Standar Nasional Indonesia*).

Maka, produk Sodium Chloride (NaCl) yang dihasilkan sesuai dengan standar.



BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produski	:	180.000 ton/hari = 545.455,55 kg/hari
Waktu Operasi	:	330 hari/tahun (24 jam/hari)
Satuan Massa	:	kg
Satuan Panas	:	Kkal
Suhu Reference	:	25°C

1. TANGKI PENGENCERAN (F-122)

Fungsi : Membuat larutan NaOH 48%

Kondisi Operasi : 30°C, 1 atm

Waktu proses : 1 jam (*Keyes* : 672)



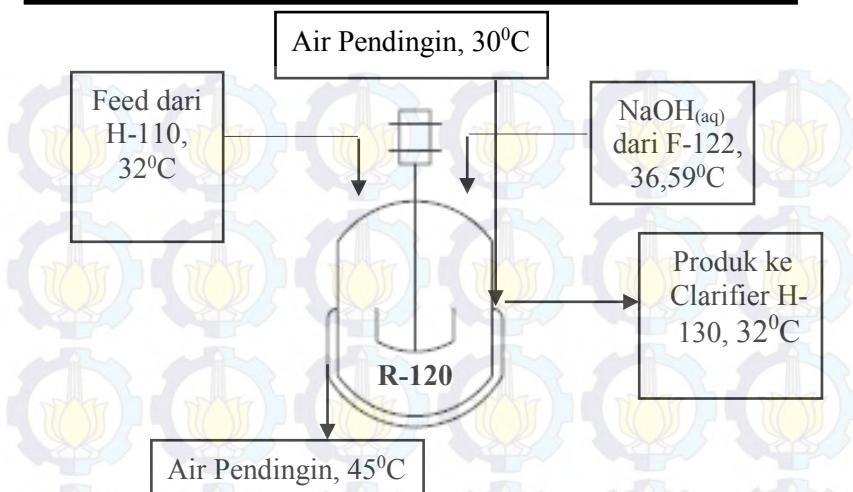
Neraca Energi Tangki Pengenceran:

Masuk (Kkal)		Keluar (Kkal)	
Qmasuk	290749,35	Qkeluar	674662,75
Qpengenceran	383913,40		
Total	674662,75	Total	674662,75

2. REAKTOR (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan kandungan bahan dengan NaOH

Kondisi Operasi : 32°C, 1 atm



Neraca Energi Reaktor:

Komponen Masuk	(Kkal)	Komponen Keluar	(Kkal)
NaOH	201087,39	CaCO ₃	47,76
H ₂ O	473575,36	NaOH	40742,09
Jumlah	674662,75	Na ₂ CO ₃	628,67
		Ca(OH) ₂	20687,11
CaCO ₃	477,59	CaSO _{4.2H₂O}	4913,66
CaSO _{4.2H₂O}	49136,57	Na ₂ SO ₄	93833,55
NaCl	836464,07	H ₂ O	96855643,23
MgSO ₄	56836,73	MgSO ₄	5683,67
MgCl ₂	66317,49	Mg(OH) ₂	93830,18
NaBr	1449,35	MgCl ₂	6631,75



KCl	1782,52	NaCl	941602,00
H ₂ O	96821625,60	KCl	178,25
Flok	57,46	KOH	2016,51
		NaBr	1449,35
Jumlah	97834147,38	Flok	57,46
ΔH Reaksi	-401925586,62	Jumlah	98067945,23
		Q serap	402366451,52
TOTAL	500434396,75	TOTAL	500434396,75

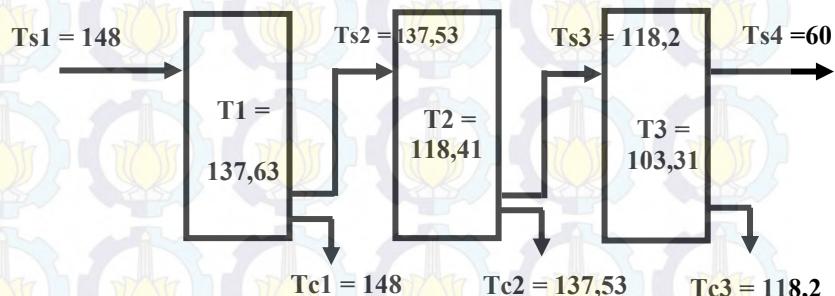
3. EVAPORATOR (V-210)

Fungsi : Memekatkan NaCl dengan cara penguapan vacum

Tekanan Operasi : 4,5 atm (*Ulrich*)

Suhu Operasi : Berdasarkan perhitungan multi efek

Waktu proses : Kontinyu



Neraca Energi Evaporator (Effect 1):

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q (Kkal)	Komponen	Q (Kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	20273,37	Ca(OH) _{2(aq)}	299131,87



$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	4815,38	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	71050,60
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	94918530,36	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	943811380,77
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	5570,00	$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	82184,89
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	6492,46	$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	95795,78
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	697625,69	$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	10293410,07
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	24792,83	$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	365816,25
Steam	3730061362,19	Uap air	2870720692,07
TOTAL	3825739462,29	TOTAL	3825739462,29

Neraca Energi Evaporator (Effect 2):

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q (Kkal)	Komponen	Q (Kkal)
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$	299131,87	$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$	193575,90
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	71050,60	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	45978,66
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	943811380,77	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	315219810,46
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	82184,89	$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	53183,95
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	95795,78	$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	61991,90
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	10293410,07	$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	6661129,34
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	365816,25	$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	236729,06
Uap air	2301941673,08	Uap air	2934488044,03
TOTAL	3256960443,30	TOTAL	3256960443,30



Neraca Energi Evaporator (Effect 3):

MASUK		KELUAR	
Komponen	Q (Kkal)	Komponen	Q (Kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	193575,90	Ca(OH) _{2(aq)}	110945,13
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	45978,66	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	26351,98
H ₂ O _(l)	315219810,46	H ₂ O _(l)	11276488,96
MgSO _{4(aq)}	53183,95	MgSO _{4(aq)}	30481,58
MgCl _{2(aq)}	61991,90	MgCl _{2(aq)}	35529,73
NaCl _(aq)	6661129,34	NaCl _(aq)	3817726,71
NaOH _(aq)	236729,06	NaOH _(aq)	135677,72
Uap air	2511646154,19	Uap air	2818685351,63
TOTAL	3256960443,30	TOTAL	3256960443,30

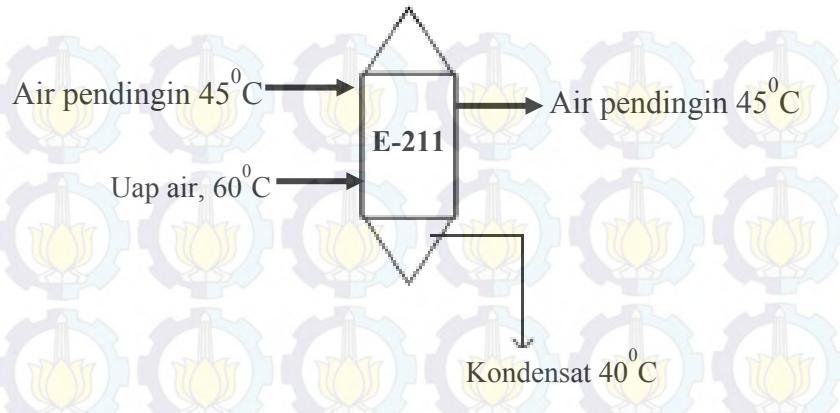
4.

BAROMETRIC CONDENSOR (E- 211)

Fungsi : Mengondensasi sebagian uap air dan menjaga tekanan evaporator

Kondisi Operasi:

- Tekanan Operasi : Vacuum
- Suhu Operasi : 32 ° C
- Waktu Operasi : Kontinyu Air pendingin, 30 ° C



Neraca Energi Barometric Condensor:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
H ₂ O (uap air)	163613924,95	H ₂ O (kondensat)	72184242,90
		Q serap	91429682,05
TOTAL	163613924,95	TOTAL	163613924,95

5. KRISTALIZER (X-220)

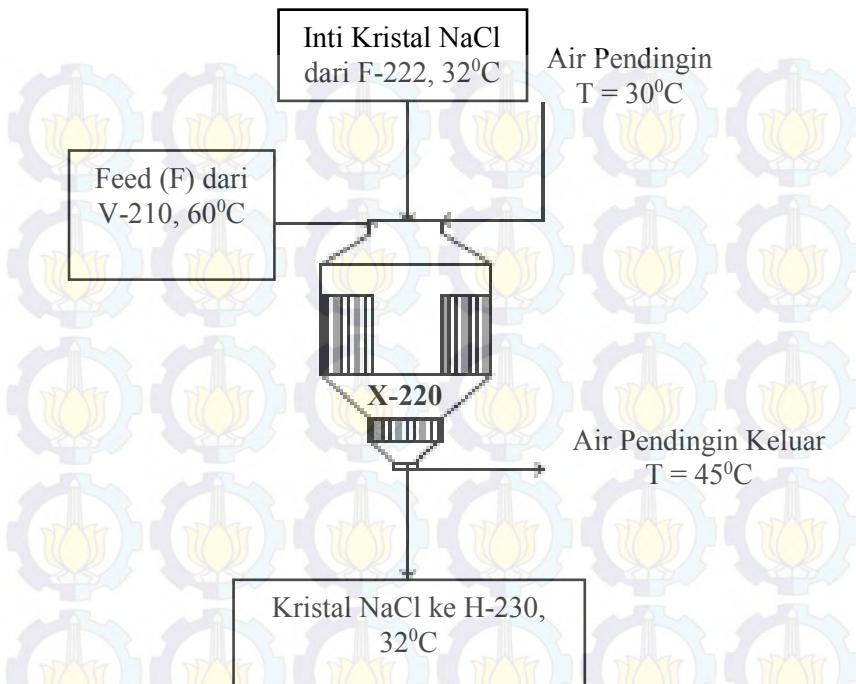
Fungsi : Mengkristalkan larutan NaCl

Kondisi Operasi:

Tekanan Operasi = 1 atm

Suhu Operasi = 32°C (suhu kamar)

Sistem kerja = kontinyu



Neraca Energi Kristalizer:

Masuk	Entalpi (kkal)	Keluar	
			Entalpi (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	69273,39	Ca(OH) _{2(aq)}	13854,68
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	25582,90	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	5116,58
H ₂ O _(l)	10302948,63	H ₂ O(l)	1587351,48
MgSO _{4(aq)}	27850,00	MgSO _{4(aq)}	5570,00
MgCl _{2(aq)}	32495,57	MgCl _{2(aq)}	6499,11
NaCl _(aq)	4613849,78	NaCl.2H ₂ O(s)	782495,08



NaCl.2H ₂ O(s)	116,47	NaCl(aq)	18455,40
NaOH _(aq)	123964,17	NaOH(aq)	24792,83
Q _{crystallization}	5324777,72	Q _{serap}	18076723,46
TOTAL	20520858,62	TOTAL	20520858,62

6. ROTARY DRYER (B-240)

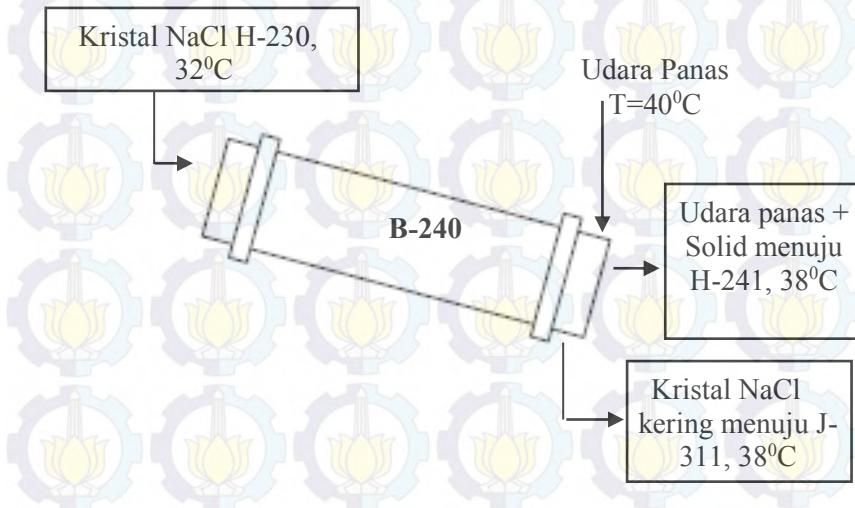
Fungsi: Mengristalkan kristal basah dengan udara panas

Kondisi Operasi:

Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)

Suhu Operasi = 40°C

Sistem kerja = kontinyu

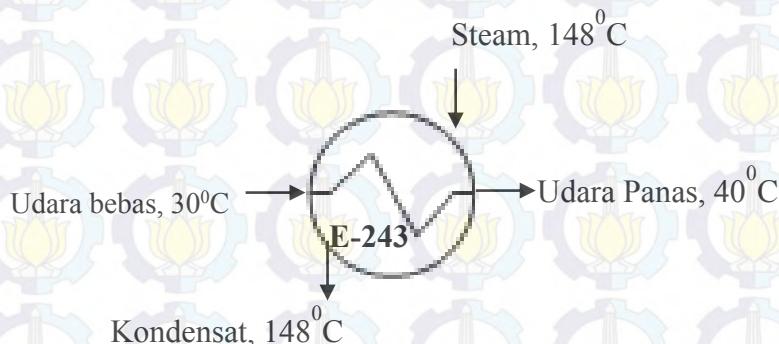


**NERACA ENERGI**

MASUK (Kkal)		KELUAR (Kkal)	
Qbahan	1371824,88	Qbahan	1857155,73
Qudara	1218488222,89	Qudara	1156634601,84
		Qloss	61368290,20
TOTAL	1219860047,77	TOTAL	1219860047,77

7. HEATER (E-243)

Fungsi : Memanaskan udara menjadi udara panas pada suhu 40°C

**Neraca Energi:**

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
* Udara bebas		* Udara panas ke Rotary Dryer	
Udara	79542274,85	Udara	1218488222,89
* Q supply	1198890471,62	* Q loss	59944523,58
TOTAL	1278432746,47	TOTAL	1278432746,47

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

C-1. POMPA (L-111)

Nama	: pompa L-111
Fungsi	: untuk memompa air laut menuju Settling lagoon (F-110)
Jumlah	: 1
Tipe	: centrifugal pump
Bahan konstruksi	: commercial steel
Kapasitas	: 600.000 kg/jam
Power pompa	: 48 HP
Ukuran pipa	: 16 in Sch 30
Diameter pipa dalam	: 0,387 m
Diameter pipa luar	: 0,405 m
Power motor penggerak	: 54 HP

C-2. HEAT EXCHANGER (E-253)

Nama	: Heat Exchanger (E-253)
Fungsi	: untuk memanaskan udara panas untuk Rotary Dryer (B-240)
Jumlah	: 1
Tipe	: Shell and Tube, 1-2
Shell Side (Udara)	
Diameter dalam	: 12 in
Baffle space	: half circle
Aliran	: 1
Luas area	: 0,55 ft ²
Pressure drop	: 9,51 (Allowable = 10)
Tube side (Steam)	
Number & Length	: 76, 16'0"
Diameter luar	: $\frac{3}{4}$ in
BWG,pitch	: 16, 1 in square
Aliran	: 2
Pressure drop	: 0,65 (Allowable=1)



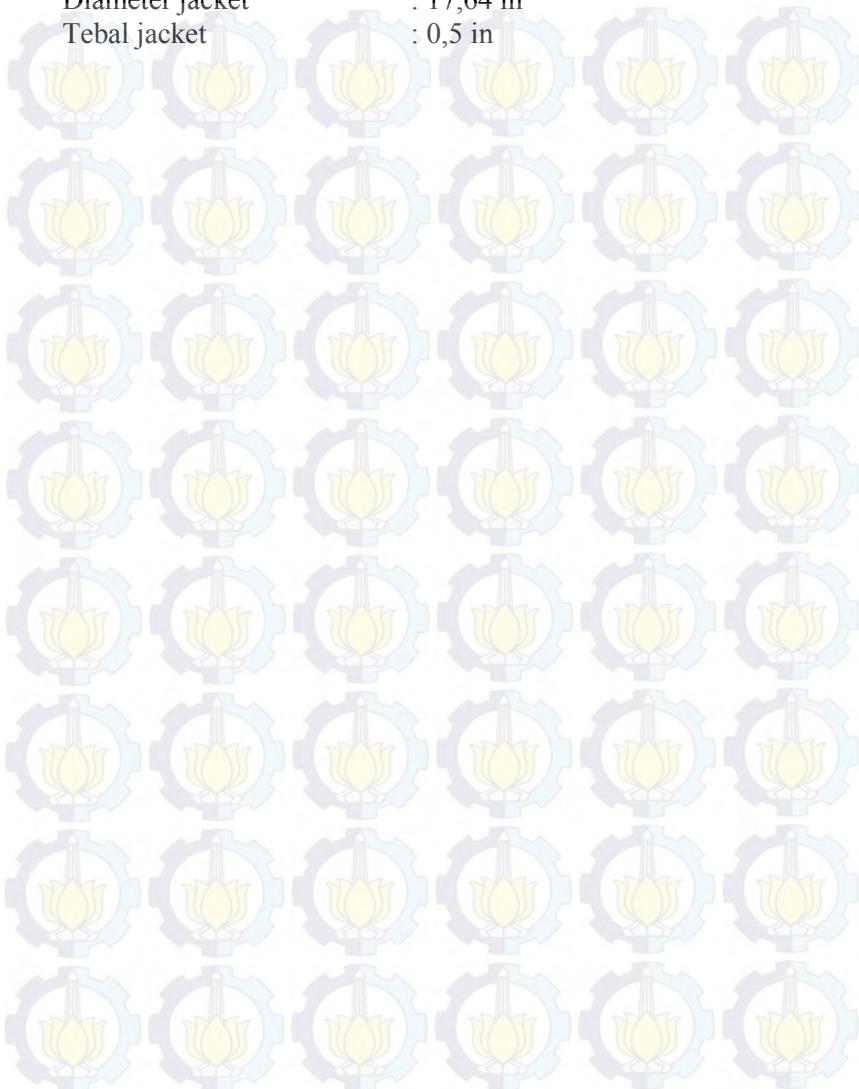
C-3. REAKTOR (R-120)

Nama	: Reaktor (R-120)
Fungsi	: Untuk mereaksikan komponen-komponen pengotor di dalam air laut dengan NaOH agar menghasilkan produk berupa suspensi padat dan menambah jumlah NaCl pada produk.
Jumlah	: 1
Tipe	: CSTR Tangki silinder dengan tutup atas dishead head dan tutup bawah berbentuk dishead dengan pengaduk dan jaket.
Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Dimensi Reaktor	
Volume	: 25482,78 ft ³
Diameter	: 29,61 ft
Tinggi	: 37,02 ft
Dimensi Shell	
Tebal Shell	: 0,41 in (dipilih tebal standar 6/16 in)
Diameter Sheel, inside	: 239,25 in
Diameter Sheel, outside	: 356,13 in
Dimensi Tutup	
Volume Head	: 671,045 ft ³
Tebal Head	: 0,38 in (6/16 in)
Tinggi Head	: 50,66 in
Jari-jari Tutup	: 113,50 in
Jarak Puncak dan Staright	
Flange	: 131,72 in
Dimensi Pengaduk	
Diameter impeller	: 9,87 ft
Tinggi Sudut Impeller	: 9,87 ft
Lebar sudut	: 1,97 ft
Kedalaman baffle	: 2,47 ft
Power pengaduk	: 3 Hp
Kecepatan pengadukan	: 3,54 rps

**Dimensi Pendingin**

Diameter jacket : 17,64 in

Tebal jacket : 0,5 in



BAB VI

UTILITAS

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan sarana penunjang dari suatu proses utama yang ada dalam pabrik tersebut. Oleh karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada pabrik garam Industri meliputi:

1. Air
Air dalam pabrik Garam Industri ini digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi dan air proses.
2. Steam
Steam pada pabrik digunakan untuk proses pemanasan (menaikkan suhu) dan pemasakan.
3. Bahan bakar
Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar boiler dan pembangkit tenaga listrik.
4. Listrik
Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari beberapa peralatan proses maupun penerangan.

VI.1. Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air di Pabrik garam industri disuplai dari air sungai yang terlebih dahulu diproses di Unit Pengolahan Air agar layak pakai dan air sisa proses. Air sungai tersebut digunakan sebagai air proses, air pendingin, dan air sanitasi. Pengairan pada pabrik didapatkan dari sungai Kalianget, Sumenep. Air sungai Kalianget perlu disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang berukuran makro maupun mikro sebelum masuk ke bak penampungan. Selanjutnya air sungai dimasukkan dalam bak penampung. Air di dalam bak penampung kemudian diolah lebih lanjut sesuai dengan keperluan pemakainya. Selain itu, untuk kebutuhan di unit utilitas juga menggunakan air bersih yang didapatkan dari hasil proses.



VI.1.1. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan mandi, minum, mencuci dan sebagainya. Pada dasarnya air sanitasi harus memiliki standar kualitas air bersih meliputi :

a. Syarat Fisik

- Suhu : dibawah suhu udara sekitar
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mgr SiO₂/liter

b. Kimia

- pH berkisar antara 6,5 – 8,5
- Kesadahan < 70 ppm CaCO₃
- Tidak mengandung zat terlarut baik organik, anorganik maupun radioaktif
- Tidak mengandung zat beracun
- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, dan Hg

c. Biologis

- Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri *coli* dan patogen

Tabel 6.1 Standar Air Minum WHO (*Kemmer, 1987*)

Kandungan	Batasan yang diizinkan (mg/l)
Anion (deterjen)	0,2
Kalsium	75
Klorida	200
Tembaga	0,05
Besi	0,1
Magnesium	50
Mangan	0,05
Minyak	0,01



Bab VI Utilitas

Range pH	7 – 8,5
Phenol	0,001
Kandungan	Batasan yang diizinkan (mg/l)
Sulfat	200
<i>Suspended matter</i>	5
Total padatan	500
Seng	5

VI.1.2. Air Proses

Air proses adalah air yang digunakan sebagai bahan baku dan bahan pembantu proses pabrik garam industri. Perlu diperhatikan dalam penyediaan air proses adalah :

- Alkalinitas
- Keasaman (pH) berkisar 6,5 – 8,5
- Kekuruhan
- Kesadahan
- Warna
- Kandungan Fe dan Mn (logam berat)

VI.1.3. Air Pendingin

Air pendingin diperoleh dari air sungai yang telah mengalami proses penyaringan dan pengendapan, menggunakan sand filter atau pasir / kerikil sebagai medianya, lalu ditampung pada bak penampung. Fungsi air pendingin adalah mendinginkan mesin – mesin dan peralatan lainnya seperti bantalan proses turbin pompa, palung pendingin, dan turbin. Syarat air pendingin meliputi :

- Turbidity kurang dari 50 ppm SiO₂
- pH antara 7,5 – 8,5
- Kadar Fe < 5 ppm
- Kadar H₂S < 5 ppm
- Kadar Mg < 0,5 ppm

Yang harus diperhatikan dalam air pendingin adalah :



- Hardness yang dapat menyebabkan kerak
- Kandungan Besi (Fe) yang dapat menyebabkan korosi
- Kandungan minyak yang dapat menyebabkan terganggunya “ film corrosion inhibitor”, heat transfer koefisien yang menurun dapat menjadi makanan mikroba yang dapat menyebabkan terjadinya endapan.

VI.1.4. Air Umpam Boiler

Air umpan boiler adalah air umpan yang dilunakkan dari kandungan mineral yang terdapat dalam air tersebut. Walaupun air sudah kelihatan jernih tetapi pada umumnya masih mengandung garam dan asam yang terbawa oleh air sungai yang dapat merusak boiler.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler adalah :

1. Zat-zat penyebab korosi

Korosi di dalam ketel disebabkan karena air pengisi mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti oksigen, karbodioksida, H_2 , atau NH_3 . Oksigen dan CO_2 masuk dalam air karena aerasi maupun kontak terjadi dalam atmosfir.

2. Zat penyebab "scale foaming"

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan foam (busa) pada boiler, karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

Di samping itu air umpan boiler harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- pH : 8,5 - 9,5
- Hardness : 1 ppm sebagai $CaCO_3$
- O_2 terlarut : 0,02 ppm
- CO_2 terlarut : 25 ppm
- Fe^{3+} : 0,05 ppm
- Ca^{2+} : 0,01 ppm



- SiO_2 : 0,1 ppm
 - Cl_2 : 4,2 ppm
-

Sebelum air dari unit pengolahan air digunakan sebagai air umpan boiler, dilakukan pelunakan air. Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak akan menghalangi proses perpindahan panas sehingga akan menyebabkan over-heating yang memusat dan dapat menyebabkan pecahnya pipa.

VI.2. Proses Pengolahan Air

Untuk pengolahan air meliputi;

- a. Pengolahan secara fisika, seperti pengendapan suspended solid tanpa koagulan (plan sedimentation), pemisahan atau penyaringan minyak dan kotoran padat lainnya
- b. Pengolahan secara kimia atau klarifikasi terutama untuk memisahkan kontaminan yang terlarut.
- c. Pengolahan secara fisika lanjutan, seperti proses penyaringan/filtrasi, terutama untuk menyempurnakan proses kimia.
- d. Pengolahan khusus yang tergantung pada penggunaannya, seperti;
 - Pelunakan dengan kapur
 - Pelunakan dengan menggunakan kation

Pengendapan Kotoran

Air yang diambil dari sungai sebelum masuk bak penampung dilewatkan saringan (*strainer*) untuk mengurangi kotoran seperti sampah dan lain – lain. Setelah itu air dilewatkan ke bak *skimming* untuk menyaring kandungan minyak dan air dalam lemak akan mengendap, sedangkan air secara overflow dari bak penampung dialirkan ke pengolahan berikutnya.



Penambahan Bahan Kimia

Pada bak flokulator dengan pengadukan cepat disertai penambahan tawas $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ agar larutan tawas dapat tercampur sempurna dengan air yang diolah. Tujuan penambahan tawas adalah untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan menjadi lebih cepat. Setelah terbentuk gumpalan – gumpalan, air dialirkan ke bak berpengaduk dengan kecepatan lambat (5 – 8 rpm) yang disertai penambahan larutan kapur $[Ca(OH)_2]$. Tujuan pengadukan lambat disini adalah untuk membantu memperbesar flok – flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat kesadahan karbonat (diktat utilitas hal III-9). Melalui reaksi berikut;



Air kemudian dialirkan secara overflow ke bak pengolahan berikutnya.

Penyaringan

Kemudian air mengalir dengan flow rate yang lambat dalam bak sedimentasi atau clarifier agar flok – flok yang sudah terbentuk tidak rusak. Di bak sedimentasi ini air diberi kesempatan untuk mengendap sebaik mungkin. Air jernih dari bagian atas ditampung dalam bak penampung sementara, kemudian dipompa ke sand filter yang berfungsi untuk menangkap partikel – partikel kecil yang tidak dapat diendapkan. Partikel – partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil . Air yang lolos merupakan air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih. Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit sebagai pembunuh kuman. Untuk air proses dapat langsung digunakan, sedangkan untuk air umpan boiler dilakukan demineralisasi pada kation exchanger.



Pengolahan Pelunakan

Ion exchanger terdiri dari kation dan anion exchanger. Pada kation exchanger, ion positif seperti Mg^{2+} dan Ca^{2+} diganti dengan ion Na^+ dari resin kation $[RNa_2]$, sedangkan pada anion exchanger ion negatif seperti Cl^- diikat oleh resin basa kuat $[ROH]$. Reaksi yang terjadi pada reaksi demineralisasi yaitu :

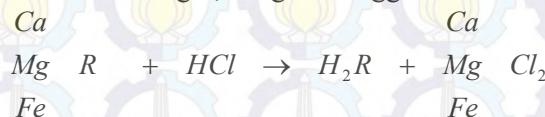
- **Kation exchanger**



Resin akan jenuh setelah bekerja selama 36 jam yang ditunjukkan dengan kenaikan konduktivitas anion, penurunan FMA [*free mineral acid*], kenaikan pH, total hardness lebih besar dari 0.

Untuk efektifitas operasi, unit ini juga dilengkapi dengan fasilitas regenerasi untuk mengembalikan kemampuan resin, yaitu dengan menambahkan larutan HCl ke dalam kation exchanger dan larutan NaOH untuk anion exchanger. Regenerasi yang terjadi yaitu :

Kation exchanger, dengan menggunakan HCl 5%



VI.3. Perhitungan Kebutuhan Air

Diketahui densitas air pada $30^\circ C = 995,68 \text{ kg / m}^3$

A. Air sanitasi

1. Asumsi : Kebutuhan air untuk seorang karyawan 100 kg / hari
Jumlah karyawan : 300 orang

Sehingga total air yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} &= (30.000 \text{ kg / hari}) / (\text{densitas air}) \\ &= (30.000 \text{ kg / hari}) / (995,68 \text{ kg/m}^3) \\ &= 30,13 \text{ m}^3/\text{hari} \times (1\text{hari} / 24 \text{ jam}) \\ &= 2,255 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$



2. Air untuk laboratorium

$$\begin{aligned}
 &= (1000 \text{ kg / hari}) / (\text{densitas air}) \\
 &= (1000 \text{ kg / hari}) / (995,68 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 1 \text{ m}^3 / \text{hari} \times (1 \text{ hari} / 24 \text{ jam}) \\
 &= 0,042 \text{ m}^3 / \text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Untuk lain-lain

$$\begin{aligned}
 &= (1500 \text{ kg / hari}) / (\text{densitas air}) \\
 &= (1500 \text{ kg / hari}) / (995,68 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 1.507 \text{ m}^3 / \text{hari} \times (1 \text{ hari} / 24 \text{ jam}) \\
 &= 0,063 \text{ m}^3 / \text{jam}
 \end{aligned}$$

Total Air Sanitasi = $1,36 \text{ m}^3 / \text{jam} = 32,65 \text{ m}^3/\text{hari}$

B. Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin pada pabrik ini berdasarkan Appendiks B, meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Reaktor (R-120)	26.824.430,10
2	Barometric Condensor (E-211)	6.095.312,14
3	Kristalizer (X-220)	1.205.114,90
Total		34.124.857,14

Menghitung kebutuhan air pendingin :

$$\rho \text{ H}_2\text{O} \text{ pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

Maka total kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{massa H}_2\text{O}}{\rho \text{ H}_2\text{O}} \\
 &= \frac{34.124.857,14}{995,68} \\
 &= 34.272,92 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Untuk menghemat pemakaian air pendingin, maka dilakukan *recycle* air pendingin. Diasumsikan 90% dari total kebutuhan air pendingin kembali ke cooling tower.



Air pendingin yang di-recycle :

$$= 90\% \times 34.272,92 \text{ m}^3/\text{hari} = 30.845,62 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi, kebutuhan air pendingin yang diambil dari air sungai sebesar 10% dari kebutuhan total air pendingin :

$$= 10\% \times 34.272,92 \text{ m}^3/\text{hari} = 3.427,29 \text{ m}^3/\text{hari}$$

C. Air Umpam Boiler

Air yang dibutuhkan = steam yang dibutuhkan.

Dari appendiks B Neraca Panas, kebutuhan steam pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Evaporator	7.375.655,40
2	Heater	1.835.692,04
Total		9.211.347,41

ρ steam pada $148^\circ \text{C} = 0,525 \text{ kg/m}^3$ (Geankoplis, 2003)

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air boiler} &= \frac{\text{massa H}_2\text{O}}{\rho \text{H}_2\text{O}} \\ &= \frac{9.211.347,41}{0,525} \\ &= 17.545.423,64 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Air boiler yang di-recycle :

$$= 80\% \times 17.545.423,64 \text{ m}^3/\text{hari} = 14.036.338,9 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi, kebutuhan air boiler yang diambil dari air sungai sebesar 20% dari kebutuhan total air boiler :

$$= 20\% \times 17.545.423,64 \text{ m}^3/\text{hari} = 3.509.084,73 \text{ m}^3/\text{hari}$$



D. Air Proses

Dari appendiks A Neraca Massa, kebutuhan air proses pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Tangki Pengenceran	40855,22
	Total	40855,22

Menghitung kebutuhan air pendingin :

$$\rho \text{ H}_2\text{O} \text{ pada } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Maka total kebutuhan air pendingin} &= \frac{\text{massa H}_2\text{O}}{\rho \text{ H}_2\text{O}} \\ &= \frac{40855,22}{995,68} \\ &= 41,032 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- Total awal kebutuhan air:
 $= \text{air sanitasi} + \text{air pendingin} + \text{air boiler} + \text{air proses}$
 $= (32,65 + 34.272,92 + 17.545.423,64 + 41,032) \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 17.579.770,24 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Total air yang di-recycle:
 - Air Pendingin: $90\% \times \text{total air pendingin} = 30.845,62 \text{ m}^3/\text{hari}$
 - Air boiler = $80\% \times \text{total air boiler} = 14.036.338,9 \text{ m}^3/\text{hari}$ $\text{Total air yang di-recycle} = (30.845,62 + 14.036.338,9) \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 14.067.184,54 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Make up Water:
 - Air Pendingin: $10\% \times \text{total air pendingin} = 3.427,29 \text{ m}^3/\text{hari}$
 - Air boiler = $20\% \times \text{total air boiler} = 3.509.084,73 \text{ m}^3/\text{hari}$ $\text{Total air yang di di-recycle} = (3.427,29 + 3.509.084,73) \text{ m}^3/\text{hari}$



$$= 3.512.512,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Keseluruhan air yang dibutuhkan (diambil dari sungai):

- Air sanitasi	= 32,65 m ³ /hari
- Air pendingin	= 3.427,29 m ³ /hari
- Air boiler	= 3.509.084,733 m ³ /hari
- Air proses	= 41.032 m ³ /hari
TOTAL	= 3.512.585,70 m ³ /hari

VI.4. Kebutuhan Steam

Steam mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang proses produksi. Pada pabrik garam industri ini steam mempunyai peranan yang sangat penting, steam yang digunakan adalah saturated steam.

Steam digunakan sebagai media pemanas, dimana pembangkitnya berasal dari :

- Turbin, dengan fluida penggeraknya berupa air.
- Motor bakar dengan bahan bakarnya bensin dan solar.

Pada pabrik asam asetat ini, steam yang digunakan adalah steam jenuh (saturated steam) dengan suhu 148°C dan tekanan 4,5 bar (*Ulrich, 1984*). Kebutuhan steam untuk pabrik garam industri adalah sebagai berikut :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Evaporator	7.375.655,40
2	Heater	1.835.692,04
Total		9.211.347,41

VI.5. Bahan bakar

Kebutuhan bahan bakar pada pabrik garam industri ini ada 2, yaitu minyak IDO (Industrial Diesel Oil) dan solar. Jika minyak IDO tidak mencukupi untuk bahan bakar diesel dan boiler maka digunakan bahan baker solar. Minyak IDO dipompaikan ke boiler dengan menggunakan gear pump,



dimana kebutuhan untuk minyak IDO sebesar 2000-3000 liter/hari yang diperoleh dari Pertamina.

VI.6. Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik ini disupply oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan digunakan generator untuk mengatasi keadaan bila sewaktu - waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing - masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan. Kebutuhan listrik di pabrik garam industri diperoleh dari dua sumber, yaitu:

- a. Secara eksternal, diperoleh dari PLN PJU Sumenep dengan daya 900 MW.
- b. Secara internal, diperoleh dari generator listrik yang diperoleh dari turbin uap.

BAB VII

KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

VII.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya. Pada pabrik minyak ikan lemuru menggunakan proses *wet rendering* ini, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan bagian yang mendapat perhatian khusus, oleh karena itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk menghindari dan menimbulkan terjadinya kecelakaan kerja serta untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi perusahaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja ditinjau dari berbagai pendekatan, antara lain :

- Pendekatan kemanusiaan
Berupaya mencegah terjadinya penderitaan bagi tenaga kerja dan ikut serta menciptakan terwujudnya kesejahteraan hidup.
- Pendekatan ekonomis
Berupaya meningkatkan keuntungan dengan menghindarkan kerugian bagi tenaga kerja dan perusahaan.
- Pendekatan sosial
Berupaya menghindarkan kerugian bagi masyarakat baik langsung maupun tidak langsung.

Menurut UU No.1 Th. 1970 yang dimaksud dengan keselamatan kerja, yaitu :

- Agar para pekerja dan orang lain yang berada di lokasi pekerjaan tetap sehat dan selamat.
- Melindungi sumber – sumber produksi agar terpelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien.
- Melindungi agar proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan apapun.



- Kesehatan dan keselamatan kerja memerlukan tanggung jawab dari semua pihak karena hal ini tergantung dari Direksi, tingkah laku karyawan, keadaan peralatan atau lingkungan kerja itu sendiri.

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam , antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

VII.1.1. Sebab- Sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja

Secara umum, terjadinya kecelakaan disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Lingkungan Fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain. Kecelakaan terjadi akibat dari:

- Kesalahan perencanaan.
- Aus atau rusaknya peralatan.
- Kesalahan pada waktu pembelian.
- Terjadinya ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.
- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, lambat, bising dan salah penerangan.

2. Manusia

Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) dapat terjadi akibat beberapa hal, yang antara lain adalah sebagai berikut:



Bab VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- Kurangnya pengetahuan dan ketrampilan karyawan.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

3. Sistem Manajemen

Kecelakaan yang disebabkan karena sistem manajemen, dapat terjadi akibat beberapa hal di bawah ini, yaitu:

- Kurangnya perhatian manajer terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi.
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.
- Kurangnya penerapan prosedur yang baik.
- Tidak adanya inspeksi peralatan.

VII.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Pabrik Garam Industri terdiri dari :

Usaha untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja di lokasi pabrik garam industri, yaitu dengan diperhatikannya tindakan pencegahan terhadap tiga faktor utama penyebab kecelakaan tersebut, diantaranya:

1. Lingkungan Fisik

Cara menanggulangi bahaya kecelakaan kerja yang ditimbulkan oleh lingkungan fisik dapat disesuaikan dengan jenis bahayanya, yaitu:

1. Bahaya dalam proses *plant*

Dalam design proses harus diperhatikan *flammable* dan *Explosive*, desain peralatan harus didasarkan pada karakteristik bahan-bahan yang akan diolah maupun produk yang dihasilkan.

2. Bahaya Kebocoran

Kebocoran yang terjadi terutama pada sambungan pipa. Perpipaan diletakkan di atas permukaan tanah dan bila terpaksa dipasang dibawah tanah, maka harus dilengkapi dengan *fire stop* dan *drainage* (pengeluaran) pada jarak tertentu untuk mencegah adanya bakteri yang dapat masuk ke



dalam bahan baku, sehingga menurunkan kualitas dan kuantitas produk. Dan juga susunan *valve* dan perpipaan yang baik sangat membantu keselamatan kerja.

3. Bahaya *thermis*

Peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi harus diberi isolasi, untuk menghindari terjadinya kecelakaan dan menghindari kehilangan panas yang dibutuhkan alat tersebut. Untuk menghindari suhu ruangan yang terlalu tinggi maka perlu adanya ventilasi udara yang cukup pada ruangan tersebut, sebab bila suhu ruangan tinggi akan menimbulkan kondisi cepat lelah para pekerja dan dapat menurunkan effisiensi kerja.

4. Bahaya kebakaran

Terjadinya kebakaran dapat disebabkan oleh:

- Kemungkinan nyala terbuka dari unit utilitas, laboratorium, dan lain-lain.
 - Terjadinya loncagan bunga api pada saklar dan stop kontak.
- Untuk mengatasi kemungkinan tersebut dilakukan :
- Melarang kegiatan merokok di daerah yang mudah terbakar
 - Menempatkan alat pemadam kebakaran dan *hydrant* pada daerah rawan kebakaran.
 - Pemasangan isolasi pada seluruh kabel transmisi yang ada.

2. Manusia/Karyawan

Bahaya yang diakibatkan oleh manusia/karyawan dapat dicegah dengan beberapa cara, yaitu sebagai berikut:

1. Pada waktu *maintenance* ataupun pada waktu *shut down* para pekerja harus menggunakan alat pelindung diri, seperti helm, sarung tangan, masker dan lain sebagainya disesuaikan dengan kebutuhan.
2. Memberikan pengumuman-pengumuman penting yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Pemberian pengarahan, training *Fire Fighting Brigade* (FFB) yang dilakukan 1 kali dalam seminggu untuk menangani bila



Bab VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

sewaktu – waktu terjadi kebakaran dan bahan baku petunjuk keselamatan kerja tentang diri sendiri, bahan kimia dan lain-lain.

4. Memberikan dan mengawasi kelengkapan alat pelindung diri karyawan sebelum memasuki lokasi pabrik.
5. Adanya poliklinik mempunyai sarana yang dapat memadai dalam memberikan pertolongan darurat. Selain itu setiap karyawan harus memahami cara memberikan pertolongan pertama bila ada kecelakaan.

VII.2.1 Keselamatan Karyawan di area Pabrik Garam Industri

- a. Pada daerah tangki penyimpanan, perpipaan, dan perpompaan
Pada kawasan ini pekerja/ karyawan diwajibkan menggunakan:
 - Alat pelindung kaki :
Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, terpercik aliran panas dan terlindung dari kebocoran tangki.
 - Alat pelindung kepala :
Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
 - Alat pelindung mata :
Welding mask atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, dan melindungi mata jika terjadi kebocoran pada tangki yang akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
 - Alat pelindung tangan :
Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik), serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda-benda panas)



- Alat pelindung badan :

Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada tangki penampung yang mempunyai suhu lebih besar dari 100°C dan aliran panas.

b. Pada daerah *Heat Exchanger*

Pada kawasan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan :

- Alat pelindung mata :

Welding mask atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

- Alat pelindung tangan :

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi).

- Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya pipa HE atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.

- Alat pelindung kepala :

Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

- Alat pelindung telinga :

Ear plug (dapat menahan suara sampai 39dB) dan *ear muff* (sampai 41 dB), atau gabungan keduanya. Diberikan kepada karyawan operator peralatan (mesin) terutama yang ber rpm tinggi.



Bab VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- Alat pelindung badan :

Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada sistem perpipaan yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C terutama pada daerah heater dan boiler selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.

- c. Pada daerah Reaktor, Evaporator, Kristalizer, dan Rotary Dryer :

Pada kawasan ini sama karyawan diwajibkan menggunakan :

- Alat pelindung mata :

Welding mask atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

- Alat pelindung tangan :

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi).

- Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya tangki atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.

- Alat pelindung kepala :

Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.



- Alat pelindung badan :

Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada sistem perpipaan / reaktor yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.

VII.2.2. Hal – hal yang harus diperhatikan

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

- a. Bangunan pabrik

Bangunan gedung beserta alat – alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya – bahaya kebakaran, perusakan akibat cuaca, gempa , petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabrik tersebut malah menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.

- b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

- c. Alat – alat bergerak

Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam *blower*, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah.

- d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler, Cooler, Heater dan sebagainya.



Bab VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Disamping itu di dalam perancangan faktor keselamatan harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), faktor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peranan penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat – alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruangan tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan, mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat – alat kontrol yang sesuai.

e. Sistem perpipaan

Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa – pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan – U (U – bed), tee, juga pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindarkan peledakan yang diakibatkan oleh pemuaian pipa

f. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit – unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing – masing , juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan



Keselamatan Kerja (K-3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda – tanda berbahaya / larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan benar pada tiap – tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dengan demikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu – waktu, setidaknya pada tahap awal.

VII.2.3 Sistem yang digunakan di pabrik garam industri

1. Sistem alarm pabrik

Sistem alarm dalam pabrik digunakan untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya. Sehingga apabila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera mengetahui.

2. Sistem komunikasi

Yaitu tersedianya alat komunikasi yang menghubungkan antar unit baik dengan sistem telepon maupun dengan sistem *wireless* yang diset berdasarkan tempat-tempat yang telah ditentukan untuk start, stop, dan *emergency* pengoperasian.

3. Motor listrik

Motor listrik berfungsi untuk melindungi dari kegagalan tenaga untuk sementara.

4. Sistem Management

Sistem manajemen mempunyai peran yang besar bagi karyawan dan staff ahli yang saling mendukung satu sama lain. Juga kedisiplinan di dalam menjalankan tugas untuk kerjasama dalam mencapai tujuan keselamatan dan kesehatan kerja.

Sistem management yang benar meliputi:

- Melaksanakan prosedur kerja dengan menggunakan buku pedoman Keselamatan Kerja.
- Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang K3.
- Membuat usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja.

5. Penggunaan Alat pelindung diri (APD)

Menurut Undang-Undang Keselamatan Kerja No.1 tahun 1970 untuk mengurangi akibat kecelakaan kerja, maka setiap



Bab VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

perusahaan harus menyediakan alat perlindungan diri (APD) yang harus disesuaikan dengan jenis perusahaannya masing-masing.

Alat pelindung diri (APD) bukan merupakan alat untuk menghilangkan bahaya di tempat kerja, namun hanya merupakan salah satu usaha untuk mencegah dan mengurangi kontak antara bahaya dan tenaga kerja yang sesuai dengan standar kerja yang diijinkan.

Syarat – syarat Alat Pelindung Diri adalah:

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan – gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharnya mudah.

Jenis – jenis Alat Pelindung Diri adalah sebagai berikut:

1. Topi keselamatan (*safety head*)

Untuk melindungi kepala terhadap benturan, kemungkinan tertimpa benda – benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya. Digunakan selama jam kerja di daerah instalasi pabrik.

2. Alat pelindung mata (*eye goggle*)

Untuk melindungi mata terhadap benda yang melayang, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan.

Digunakan pada saat :

- Di daerah berdebu.
- Menggerinda, mamahat, menebor, membubut, dan mem – *frais*.
- Di mana terdapat bahan atau menangani bahan kimia yang berbahaya, termasuk asam atau alkali.
- Pengelasan.

3. Alat pelindung muka

Untuk melindungi muka (dari dahi sampai batas leher)



- Pelindung muka yang tahan terhadap bahan kimia yang berbahaya (warna kuning). Digunakan pada saat menangani bahan asam atau alkali).
 - Pelindung muka terhadap pancaran panas (warna abu – abu). Digunakan di tempat kerja di mana pancaran panas dapat membahayakan pekerja.
 - Pelindung muka terhadap pancaran sinar ultra violet dan infra merah.
4. Alat pelindung telinga
- Untuk melindungi telinga terhadap kebisingan di mana bila alat tersebut tidak digunakan dapat menurunkan daya pendengaran dan menyebabkan ketulian yang bersifat tetap. Macam dari alat pelindung pendengaran ini adalah:
- a. *Ear plug*
Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB.
 - b. *Ear muff*
Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.
5. Alat pelindung pernafasan
- Terdapat dua jenis alat pelindung pernafasan (respirator) yaitu:
- a. *Air purifying respirator*
 - b. *Air supplying respirator*
- Sedangkan alat yang digunakan pada pabrik ini adalah *Air purifying respirator* yang berfungsi untuk melindungi pemakainya dari debu, gas-gas, uap, dan kabut. Alat ini juga dipakai bila toksinitas zat kimia dan kadarnya dalam udara tempat bekerja rendah. Alat ini bekerja dengan cara filtrasi dan adsorbsi.
6. Sarung tangan
- Digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik.
- a. Sarung tangan kulit
Dipakai apabila para pekerja tengah bekerja dengan benda yang kasar dan tajam.



Bab VII Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- b. Sarung tangan asbes
Digunakan apabila bekerja dengan benda yang panas.
- c. Sarung tangan katun
Digunakan apabila bekerja dengan peralatan oksigen.
- d. Sarung tangan karet
Digunakan apabila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritatif.
- e. Sarung tangan listrik
Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik.
7. Sepatu pengaman
Digunakan untuk melindungi kaki terhadap gangguan yang membahayakan para pekerja di tempat kerja. Macam dari sepatu pengaman adalah:
- a. Sepatu keselamatan
Digunakan untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar yang disebabkan oleh bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam, serta untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpeleset oleh air atau minyak.
 - b. Sepatu karet
Digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahan kimia yang berbahaya.
 - c. Sepatu listrik
Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terdapat bahaya listrik.
8. Baju pelindung
Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap berbagai gangguan yang dapat membahayakan para pekerja.

VII.3 Keselamatan Pada Alat-alat Pabrik

- a. Pada Tangki Penampung
Pada tangki penampung NaCl, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:
 - Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
 - Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

**b. Pada Pompa dan sistem perpipaan**

Kemungkinan korosi yang terjadi pada pompa dan pipa adalah korosi uniform, korosi *caustic embrittlement*, dan korosi erosi yang disebabkan oleh aliran. Korosi Erosi dapat ditemukan pada sistem perpipaan (terutama pada *bend*, *elbow* dan *joint*), *valve*, pompa, *nozzles*, *heat exchangers*, *turbine blades*, *baffles* dan penggilingan. Sedangkan korosi caustic embrittlement terjadi jika berada pada tekanan tinggi dan lingkungan kimia yang banyak mengandung basa. Untuk mencegah adanya korosi tersebut, pada pompa digunakan logam yang lebih keras yang tahan terhadap korosi serta pengecekan secara berkala (setiap minggu) oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

c. Pada Heat Exchanger

Pada area *Heat Exchanger* khususnya *Heater* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada Boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

d. Pada area pabrik secara umum/ keseluruhan:

- Disediakan jalan diantara *plant-plant* yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misal: kebakaran)
- Disediakan *hydrant* disetiap *plant* (unit) untuk menanggulangi/ pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/ peledakan.
- Memasang alarm disetiap *plant* (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.

**Tabel 7.1** Alat K3 yang digunakan selama Proses pada Pabrik Garam Industri

Alat	Alat K3
Pretreatment	<ul style="list-style-type: none">• Helm• Sarung tangan• Safety shoes• Wearpack• Earplug
Pemasakan	<ul style="list-style-type: none">• Helm• Sarung Tangan• Wearpack• Safety shoes• Kaca Mata Pengaman (<i>Safety Glasses</i>)• Earplug
Pengolahan Produk	<ul style="list-style-type: none">• Helm• Sarung Tangan• Wearpack• Safety shoes• Kaca Mata Pengaman (<i>Safety Glasses</i>)• Earplug

BAB VIII

INSTRUMENTASI

VIII.1 Instrumentasi Secara Umum dalam Industri

Instrumentasi merupakan sistem dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan. (*Ulrich, 1984*)

Secara garis besar, alat-alat kontrol dapat diklasifikasikan atas:

a. Penunjuk (*indicator*)

Indicator adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.

b. Pengirim (*Transmitter*)

Transmitter adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya keperalatan lain misal *recorder*, *indicator* atau alarm.

c. Pencatat (*Recorder*)

Recorder (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga-harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyu atau secara periodik. Biasanya hasil pencatatan *recorder* ini terlukis dalam bentuk kurva diatas kertas.

d. Pengatur (*Controller*)

Controller adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengoreksian



kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katup pengatur (*Control valves*)

Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur.

Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

- *Sensitivity*
- *Readability*.
- *Accuracy*
- *Precision*
- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor – faktor ekonomi

Alat-alat kontrol yang banyak digunakan dalam bidang industri adalah :

1. Pengatur suhu :

a. *Temperature Indicator (TI)*

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis temperatur indikator antara lain : termometer , termokopel

b. *Temperatur Controller (TC)*

Fungsi : mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

2. Pengaturan Tekanan (*pressure*)

a. *Pressure Indicator (PI)*

Fungsi : untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *pressure* indikator antara lain : *pressure gauge*

**b. Pressure Controller (PC)**

Fungsi : mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

3. Pengatur aliran (*flow*)**a. Flow Controller (FC)**

Fungsi : Menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu *Control valve*

4. Pengaturan tinggi permukaan (“level”):**a. Level indicator (LI)**

Fungsi : menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu cairan.

b. Level Indicator Control (LIC)

Sebagai alat penunjukkan untuk mengetahui ketinggian operasi dan untuk mengendalikan atau mengatur level operasi agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

VIII.2 Instrumentasi dalam Pabrik Garam Industri

Berikut ini macam-macam instrumentasi yang digunakan di pabrik garam industri:

Tabel 8.1 Instrumentasi dalam Pabrik Garam Industri

Alat	Sistem Instrumentasi	Fungsi
Tangki Pengenceran (F-140)	- Level indikator - Level control	- Menunjukkan ketinggian dari bahan yang masuk ke dalam tangki - Untuk mengontrol ketinggian fluida dalam tangki
Reaktor (R-130)	- Temperature Controller	- Mengontrol suhu air pendingin dengan cara mengatur flow rate dari air pendingin



	<ul style="list-style-type: none"> - Level Controller 	<ul style="list-style-type: none"> - yang masuk. - untuk mengatur agar level tetap dalam reaktor tetap terjaga
Evaporator (V210)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperature Controller - Pressure controller 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengatur suhu dalam evaporator - Untuk mengontrol tekanan dalam evaporator agar sesuai dengan kondisi operator
Crystallizer (X-220)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperature Controller 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengatur suhu di dalam crystallizer agar tetap 25°C
Centrifuge (H-240)	<ul style="list-style-type: none"> - Flow Controller 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengontrol aliran fluida yang masuk ke Centrifuge
Heat Exchanger (E-253)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperature Controller - Flow Controller 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengontrol temperatur udara panas yang masuk HE - Untuk mengontrol flow rate steam

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Proses pembuatan sodium chloride (NaCl) akan menghasilkan limbah berupa limbah padat dan cair. Limbah-limbah yang dihasilkan, mayoritas berasal dari proses filtrasi pada tahap *pre treatment* bahan baku. Limbah-limbah tersebut akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah untuk dilakukan tahap pengolahan agar limbah dapat dimanfaatkan kembali dan dapat mencapai baku mutu yang ditentukan untuk dibuang kembali ke lingkungan. Rincian limbah-limbah hasil proses produksi adalah sebagai berikut:

➤ **Limbah Cair**

Limbah cair adalah *waste liquid* yang dihasilkan selama proses produksi sodium chloride (NaCl) berlangsung. *Waste liquid* berupa air pendingin dari jacket pendingin pada Reaktor dan Crystallizer akan diproses ke *Cooling Tower Water Return*, sedangkan *mother liquor* dari *Centrifuge* diolah di *Waste Water Treatment*, dan kondensat dari *barometric condensor*, evaporator serta *steam condensate* dari *Heat Exchanger* akan dengan rinciannya adalah sebagai berikut:

Jacket Pendingin Reaktor (R-120)

Komponen	Massa (kg/hari)
Air Pendingin (H ₂ O)	40855,22
Total	40855,22

Crystallizer (X-220)

Komponen	Massa (kg/hari)
Air Pendingin (H ₂ O)	1.205.114,90
Total	1.205.114,90

**Evaporator (V-210)**

Komponen	Massa (kg/hari)
Steam Condensat	7.375.655,40
Total	7.375.655,40

Barometric Condensor (E-211)

Komponen	Massa (kg/hari)
Air pendingin	6.095.312,14
Total	6.095.312,14

Centrifuge (H-230)

Komponen	Massa (kg/hari)
Ca(OH) _{2(aq)}	9524,42
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2403,77
MgSO _{4(aq)}	3407,91
MgCl _{2(aq)}	4558,18
NaCl _(aq)	9205,81
NaOH _(aq)	7314,66
Total	36414,75

Heat Exchanger (E-243)

Komponen	Massa (kg/hari)
Steam Condensat	1835692,04
Total	1835692,04

Pengolahan limbah cair dilakukan dengan cara filtrasi, yaitu penghilangan komponen-komponen padat maupun tersuspensi yang terbawa oleh air pendingin atau steam condensate. Total limbah cair yang dihasilkan saat proses produksi adalah sebesar 16.589.044,41 kg/hari. Air yang diperoleh dari hasil treatment masing-masing sumber limbah akan dimanfaatkan kembali untuk memenuhi kebutuhan sistem utilitas, yaitu sebagai air umpan Boiler sebesar untuk menghasilkan kebutuhan steam sebesar 17.545.423,64 kg/hari, sebagai air umpan untuk Cooling Tower untuk menghasilkan kebutuhan air



pendingin sebesar 34.272,91613 kg/hari, dan sebagai air proses untuk memenuhi kebutuhan utilitas lainnya.

➤ Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan selama proses produksi sodium chloride (NaCl) berlangsung adalah waste produk berbentuk cake dihasilkan dari proses filtrasi pada Setting Lagoon, Clarifier, Microfilter, dan Cyclone. Rincianya adalah sebagai berikut:

Settling Lagoon (F-110)

Komponen	Massa (kg/hari)
$\text{CaCO}_3(s)$	1382,40
$\text{NaBr}_{(s)}$	6520,32
$\text{KCl}_{(s)}$	6301,44
flok-flok	57,60
Total	14261,76

Clarifier (H-130)

Komponen	Massa (kg/hari)
$\text{CaCO}_3(s)$	24,19
$\text{Na}_2\text{CO}_3(s)$	230,56
$\text{Na}_2\text{SO}_4(s)$	40634,50
$\text{Mg}(\text{OH})_2(s)$	30061,75
$\text{KCl}_{(s)}$	110,28
$\text{KOH}_{(s)}$	746,85
$\text{NaBr}_{(s)}$	1141,06
flok-flok	10,08
$\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$	204,61
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)}$	51,64



$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	276730,41
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	73,21
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	97,92
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	9888,09
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	157,14
Total	360162,28

Microfilter (H-140)

Komponen	Massa (kg/hari)
$\text{CaCO}_{3(\text{s})}$	10,37
$\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{s})}$	98,81
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{s})}$	17414,79
$\text{Mg(OH)}_{2(\text{s})}$	12883,61
$\text{KCl}_{(\text{s})}$	47,26
$\text{KOH}_{(\text{s})}$	320,08
$\text{NaBr}_{(\text{s})}$	489,02
flok-flok	4,32
Total	31268,26

Cyclone (H-241)

Komponen	Massa (kg/hari)
$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	54,25
$\text{NaCl}_{(\text{s})}$	0,05
$\text{Ca(OH)}_{2(\text{s})}$	0,05
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	0,01
$\text{MgSO}_{4(\text{s})}$	0,02
$\text{MgCl}_{2(\text{s})}$	0,02

*Bab IX Pengolahan Limbah Industri Kimia*

NaOH _(s)	0,04
Udara panas (H ₂ O)	225684,37
Total	225738,81

Limbah padat yang dihasilkan berbentuk sludge, yang akan diolah dengan memisahkan lumpur aktif dan air filtratnya dengan clarifier agar sesuai dengan baku mutu dan diijinkan untuk dikembalikan ke lingkungan.

BAB X

KESIMPULAN

Dari uraian proses pabrik garam industri dengan proses *Microfiltration* dan *Sedimentation* ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Rencana Operasi

Pabrik Garam Industri ini direncanakan beroperasi secara semi kontinyu selama 330 hari operasi/ tahun dan 24 jam/ hari.

2. Kapasitas

Kapasitas pabrik garam industri ini adalah 545.454 kg/hari = 180.000 ton /tahun garam industri dengan kandungan NaCl 99,5%.

3. Bahan baku dan bahan pembantu

Bahan baku yang digunakan adalah air laut karena bahan baku ini mempunyai kandungan garam yang tinggi. Sedangkan bahan pembantunya berupa :

- Air : 3.512.585,70 m³/hari
- NaOH : 37.712,51 kg/hari
- Al₂(SO₄)₃.18H₂O : 72 kg/hari
- NaCl : 80,72
- Udara : 66.285.229,04 kg/hari

4. Proses

Pembuatan garam industri ini melalui beberapa tahapan proses yaitu :

- a. Proses pre-treatment untuk mengurangi impurities bahan agar siap diproses.
- b. Proses pemasakan yaitu terdiri dari evaporasi, kristalisasi dan pengeringan.
- c. Proses pengolahan produk yaitu pementukan ukuran sesuai dengan yang ditetapkan.

5. Utilitas

- Total Air Sanitasi yang dibutuhkan adalah 1,1 m³ / jam = 32,65 m³ / hari



- Total Air pendingin yang dibutuhkan adalah 3.427,29 m³/hari
- Total kebutuhan air umpan boiler adalah 3.509.084,733 m³/hari
- Total air proses adalah 41,032 m³/hari

6. Hasil dan limbah

Hasil utama pabrik berupa garam industri (NaCl). Selain itu industri ini juga menghasilkan limbah yang dapat dimanfaatkan oleh pabrik lain.

Limbah tersebut antara lain :

- NaOH yang dapat digunakan untuk industri *caustic soda*
- Ca(OH)₂ yang dapat digunakan sebagai susu kapur (pemutih).
- Air limbah (*bittern*) yang dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan minuman berion (minuman mengandung ion-ion) dan produksi pupuk anorganik cair.

DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	m	massa	kg
2.	n	mol	mol
3.	BM	Berat molekul	kg/kmol
4.	T	Suhu	°C / °F
5.	C _p	<i>Heat Capacity</i>	kcal/kg°C
6.	ΔH _f	<i>Enthalpy</i> pembentukan	kcal/mol
7.	ΔH _p	<i>Enthalpy product</i>	kcal
8.	H	<i>Enthalpy</i>	kcal
9.	H _v	<i>Enthalpy vapor</i>	kcal/kg
10.	H _l	<i>Enthalpy liquid</i>	kcal/kg
11.	m _s	Massa steam	kg
12.	Q	Panas	kcal
13.	ρ	Densitas	kg/m ³
14.	D	Diameter	m / in
15.	H	Tinggi	m / in
16.	P	Tekanan	Atm / psia
17.	R	Jari - jari	m / in
18.	ts	Tebal tangki	in
18.	C	Faktor korosi	-
20.	E	Effisiensi sambungan	-
21.	th	Tebal tutup atas	in
22.	μ	Viskositas	cp
23.	ΣF	Total friksi	-
24.	hc	<i>Sudden contraction</i>	Kg/J
25.	Ff	<i>Friction loss</i>	Kg/J
26.	h _{ex}	Sudden ekspansion	Kg/J
27.	gc	Gravitasi	m/s ²

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, A. N. 2011. *PABRIK SODIUM CHLORIDE DENGAN PROSES MULTIPLE-EFFECT EVAPORATOR.* SURABAYA: UPN VETERAN.
- Coulson, J.M., and Richardxon, J.F. 1983. *Chemical Engineering, vol.VI, 4th edition, Chemical Engineering Design.* Oxford: Pergamon Press.
- Geankoplis, C. 2003. *Transport Process and Unit Operations, 4rd edition.* New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Hougen, O.A., Watson, K.M., and Ragats, R.A. 1934. *Chemical Process Principles, 2nd edition.* New York: John Wiley and Sons, Inc.
- JP Rilley, S. G. 1965. *Chemical Oceanography.* London: Academic Pr.
- Kauffman, Dale W. 1968. *SODIUM CHLORIDE The Production and Properties of Salt and Brine.* New York: Hafner Publishing Company.
- KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN. (2011, November 1). Dipetik January 20, 2014, dari <http://www.kkp.go.id/index.php/arsip/c/6498/KEYNOTE-SPEECH-MENTERI-KELAUTAN-DAN-PERIKANAN-PADA-ACARA-SEMINAR-NASIONAL-STRATEGI-S>
- KEMENTRIAN LINGKUNGAN HIDUP. 2004. KEMENTRIAN LINGKUNGAN HIDUP No.51 tentang BAKU MUTU AIR LAUT.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer.* Singapore: McGraw-Hill International.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering, 3rd edition.* New York: Hamilton Printing Company.
- Ludwig, Ernest. 1965. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, 2^{ed}.* Texas: Gulf Publishing Comp.

- McCabe, W.L., and Smith, C.J. 1976. *Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd edition.* Tokyo: McGraw-Hill, Kogakusa Ltd.
- Perry, R.H., and Cecil, H.C. 1999. *Chemical Engineers Handbook, 7th edition.* San Fransisco: McGraw-Hill International Book Companies, Inc.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineers, 4th edition.* Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Purbani, D. (2010). Proses Pembentukan Kristalisasi Garam.
- Rismana, E. (2013, January 17). *Artikel IPTEK.* Dipetik January 20, 2014, dari Peta Garam Nasional: <http://www.ristek.go.id/index.php/module/News+News/id/12631>
- Roberge, Pierre. 1999. *Handbook of Corrosion Engineering.* New York: Mc.Graw Hill
- Salina, R. 2008. *Pra Rencana Pabrik Garam Industri Dari Bahan Baku Garam Rakyat Dengan Proses Pencucian.* Malang: Universitas Tribhuwana Tunggadewi.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.T. 1995. *Introduction of Chemical Engineering Thermodynamics, 4th edition.* Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Supardi. (2013, Juni 10). *Layanan Informasi Penyuluhan Perikanan.* Dipetik January 20, 2014, dari <http://penyuluhankelautanperikanan.blogspot.com/2013/06/garam.html>
- Ulrich, G.D. 1959. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic.* New York: John Wiley & sons, Inc.
- Widayat. 2009. Salt With Sedimentation – Microfiltration Process: Optimazation Of Temperature And Concentration By Using Surface Response Methodology.

APPENDIKS A PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas Produk	= 180000 ton/tahun
	= 545,455 ton/hari
	= 545454,55 kg/hari
Waktu Operasi	= 330 hari/tahun (24 jam/hari)
Satuan Massa	= kg
Basis Operasi	= 1 hari

Untuk memenuhi kebutuhan kapasitas produk, dibutuhkan bahan baku berupa air laut sebesar 14400000 kg/hari.

Komposisi Air Laut

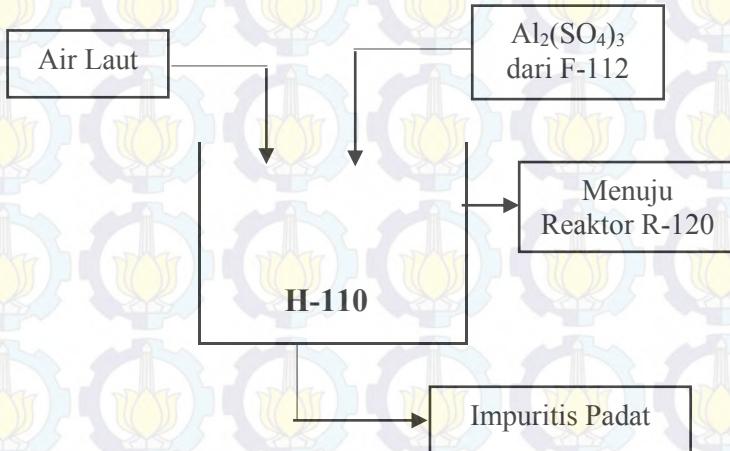
Komposisi	%	Bahan Baku (kg/hari)	Massa (kg/hari)
CaCO _{3(s)}	0,00012	14400000	1728
CaSO _{4,2H₂O(aq)}	0,00179	14400000	25819,20
NaCl _(aq)	0,03050	14400000	439200
MgSO _{4(aq)}	0,00254	14400000	36604,80
MgCl _{2(aq)}	0,00340	14400000	48960
NaBr _(s)	0,00057	14400000	8150,40
KCl _(s)	0,00055	14400000	7876,80
H ₂ O _(l)	0,96053	14400000	13831660,80
Total	1		14400000,00

1. SETTLING LAGOON (H-110)

Fungsi : Tempat pengolahan air untuk menghilangkan zat padat yang ada dalam bentuk suspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan pada air.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinu



Jumlah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan

Konsentrasi $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan = 40 ppm

Feed Masuk = 14400000.00 kg/hari

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ = 40 ppm

= 40 mg/l

$$\frac{40 \times 10^{-6} \text{ kg}}{1 \text{ liter}} = \frac{X}{1,8 \times 10^7}$$

$$X = 72 \text{ kg}$$

Komponen yang terbuang dari Settling Lagoon (asumsi 80% padatan mengendap dalam bentuk flok) :

1. $\text{CaCO}_{3(s)}$	$= 0,8 \times 1728$	$= 1382,40 \text{ kg/hari}$
2. $\text{NaBr}_{(s)}$	$= 0,8 \times 8150,40$	$= 6520,32 \text{ kg/hari}$
3. $\text{KCl}_{(s)}$	$= 0,8 \times 7876,80$	$= 6301,44 \text{ kg/hari}$
4. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	$= 0,8 \times 72$	$= 57,60 \text{ kg/hari}$
Total		$= 14261,76 \text{ kg/hari}$

Sisa komponen yang tidak terbuang di Settling Lagoon :

1. $\text{CaCO}_{3(s)}$	$= 0,2 \times 1728$	$= 345,60 \text{ kg/hari}$
2. $\text{NaBr}_{(s)}$	$= 0,2 \times 8150,40$	$= 1630,08 \text{ kg/hari}$
3. $\text{KCl}_{(s)}$	$= 0,2 \times 7876,80$	$= 1575,36 \text{ kg/hari}$
4. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	$= 0,2 \times 72$	$= 14,40 \text{ kg/hari}$
Total		$= 3565,44 \text{ kg/hari}$

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed Air Laut		Impurities padat	
$\text{CaCO}_{3(s)}$	1728	$\text{CaCO}_{3(s)}$	1382,40
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)}$	25819,20	$\text{NaBr}_{(s)}$	6520,32
$\text{NaCl}_{(aq)}$	439200	$\text{KCl}_{(s)}$	6301,44
$\text{MgSO}_4_{(aq)}$	36604,80	flok-flok	57,60
$\text{MgCl}_2_{(aq)}$	48960		
$\text{NaBr}_{(s)}$	8150,40	Liquid menuju R-120	
$\text{KCl}_{(s)}$	7876,80	$\text{CaCO}_{3(s)}$	345,60
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	13831660,80	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)}$	25819,20
		$\text{NaCl}_{(aq)}$	439200

Tawas dari F-112		MgSO _{4(aq)}	36604,80
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	72	MgCl _{2(aq)}	48960
		NaBr _(s)	1630,08
		KCl _(s)	1575,36
		H ₂ O _(l)	13831660,80
		flok-flok	14,40
JUMLAH	14400072	JUMLAH	14400072

2. REAKTOR (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan komponen-komponen pengotor di dalam air laut dengan NaOH agar menghasilkan produk berupa suspensi padat.

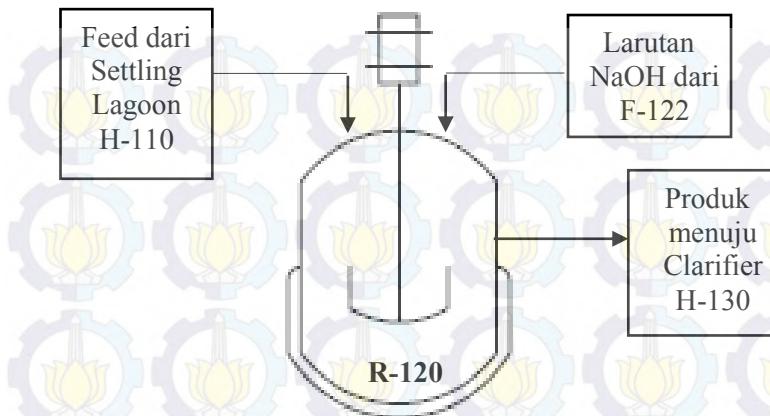
Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu
- Waktu Tinggal = 1 jam

Reaksi yang terjadi di dalam Reaktor (R-120):

- I. CaCO_{3(s)} + 2NaOH_(aq) -----> Na₂CO_{3(s)} + Ca(OH)_{2(aq)}
- II. CaSO_{4.2H₂O(aq)} + 2NaOH_(aq) -----> Na₂SO_{4(s)} + Ca(OH)_{2(aq)}
+ 2H₂O_(l)
- III. MgSO_{4(aq)} + 2NaOH_(aq) -----> Na₂SO_{4(s)} + Mg(OH)_{2(aq)}
- IV. MgCl_{2(aq)} + 2NaOH_(aq) -----> 2NaCl_(s) + Mg(OH)_{2(aq)}
- V. KCl_(s) + NaOH_(aq) -----> NaCl_(aq) + KOH_(s)

(Shreve's : 232)



Tabel Berat Molekul Komponen

Komponen	BM
CaCO ₃	100,09
CaSO ₄ .2H ₂ O	172,14
MgSO ₄	120,37
MgCl ₂	95,21
KCl	74,55
Na ₂ CO ₃	105,99
Ca(OH) ₂	74,08
Mg(OH) ₂	58,31
Na ₂ SO ₄	142,04
NaCl	58,44
KOH	56,10
H ₂ O	18
NaOH	39,99

Menghitung NaOH yang dibutuhkan di Reaktor

1. NaOH yang dibutuhkan CaCO₃

Reaksi:

$$\text{CaCO}_{3(\text{s})} + 2\text{NaOH}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{s})} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$$

$$\text{massa NaOH} = \frac{\text{Koef NaOH}}{\text{Koef CaCO}_3} \times \frac{\text{massa CaCO}_3}{\text{BM CaCO}_3} \times \frac{\text{BM}}{\text{NaOH}}$$

$$= \frac{2}{1} \times \frac{346}{100,09} \times 39,99$$

$$= 276,16 \text{ kg}$$

2. NaOH yang dibutuhkan CaSO₄.2H₂O

Reaksi:

$$\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}(\text{aq})} + 2\text{NaOH}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{s})} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$

$$\text{massa NaOH} = \frac{\text{Koef NaOH}}{\text{Koef CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{\text{massa CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}}{\text{BM CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{\text{BM}}{\text{NaOH}}$$

$$= \frac{2}{1} \times \frac{25819,2}{172,14} \times 39,99$$

$$= 11996,16 \text{ kg}$$

3. NaOH yang dibutuhkan MgSO₄

Reaksi:

$$\text{MgSO}_{4(\text{aq})} + 2\text{NaOH}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{s})} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$$

$$\text{massa NaOH} = \frac{\text{Koef NaOH}}{\text{Koef MgSO}_4} \times \frac{\text{massa MgSO}_4}{\text{BM MgSO}_4} \times \frac{\text{BM}}{\text{NaOH}}$$

$$= \frac{2}{1} \times \frac{36605}{120,37} \times 39,99$$

$$= 24322,11 \text{ kg}$$

4. NaOH yang dibutuhkan MgCl₂

Reaksi:

$$\text{massa NaOH} = \frac{\text{Koef NaOH}}{\text{Koef MgCl}_2} \times \frac{\text{massa MgCl}_2}{\text{BM MgCl}_2} \times \frac{\text{BM NaOH}}{39,99}$$

$$= \frac{2}{1} \times \frac{48960}{95,21} \times 39,99$$

$$= 41128,25 \text{ kg}$$

5. NaOH yang dibutuhkan KCl

Reaksi:

$$\text{massa NaOH} = \frac{\text{Koef NaOH}}{\text{Koef KCl}} \times \frac{\text{massa KCl}}{\text{BM KCl}} \times \frac{\text{BM NaOH}}{39,99}$$

$$= \frac{1}{1} \times \frac{1575}{74,55} \times 39,99$$

$$= 845,05 \text{ kg}$$

Sehingga, total NaOH yang dibutuhkan untuk bereaksi adalah:

Kebutuhan NaOH pada reaksi 1 = 276,16

Kebutuhan NaOH pada reaksi 2 = 11996,16

Kebutuhan NaOH pada reaksi 3 = 24322,11

Kebutuhan NaOH pada reaksi 4 = 41128,25

Kebutuhan NaOH pada reaksi 5 = 845,05 +

Total NaOH yang dibutuhkan = 78567,74 kg/hari

Menghitung jumlah hasil reaksi yang keluar dari Reaktor

1. Hasil Reaksi dari NaOH dan CaCO₃

Reaksi:



a. Na_2CO_3

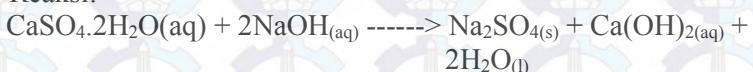
$$\begin{aligned} \text{massa Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{\text{Koef Na}_2\text{CO}_3}{\text{Koef CaCO}_3} \times \frac{\text{massa CaCO}_3}{\text{BM CaCO}_3} \times \frac{\text{BM}}{\text{Na}_2\text{CO}_3} \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{346}{100,09} \times 105,99 \\ &= 365,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. $\text{Ca}(\text{OH})_2$

$$\begin{aligned} \text{massa Ca}(\text{OH})_2 &= \frac{\text{Koef Ca}(\text{OH})_2}{\text{Koef CaCO}_3} \times \frac{\text{massa CaCO}_3}{\text{BM CaCO}_3} \times \frac{\text{BM}}{\text{Ca}(\text{OH})_2} \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{346}{100,09} \times 74,08 \\ &= 255,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Hasil Reaksi dari NaOH dan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Reaksi:



a. Na_2SO_4

$$\begin{aligned} \text{massa Na}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Koef Na}_2\text{SO}_4}{\text{Koef CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{massa CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{\text{BM CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{BM}}{\text{Na}_2\text{SO}_4} \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{25819}{172,14} \times 142,04 \\ &= 21304,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. $\text{Ca}(\text{OH})_2$

$$\begin{aligned} \text{massa Ca}(\text{OH})_2 &= \frac{\text{Koef Ca}(\text{OH})_2}{\text{Koef CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{massa CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{\text{BM CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{BM}}{\text{Ca}(\text{OH})_2} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{1} \times \frac{25819,2}{172,14} \times 74,08$$

$$= 11111,23 \text{ kg}$$

c. H₂O

$$\begin{aligned} \text{massa H}_2\text{O} &= \frac{\text{Koef H}_2\text{O}}{\text{Koef CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{massa CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}}{\text{BM CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= \frac{2}{1} \times \frac{25819,2}{172,14} \times 18 \\ &= 5399,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Hasil Reaksi dari NaOH dan MgSO₄

Reaksi:



a. Na₂SO₄

$$\begin{aligned} \text{massa Na}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Koef Na}_2\text{SO}_4}{\text{Koef MgSO}_4} \times \frac{\text{massa MgSO}_4}{\text{BM MgSO}_4} \times \text{BM Na}_2\text{SO}_4 \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{36605}{120,37} \times 142,04 \\ &= 43194,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Mg(OH)₂

$$\begin{aligned} \text{massa Mg(OH)}_2 &= \frac{\text{Koef Mg(OH)}_2}{\text{Koef MgSO}_4} \times \frac{\text{massa MgSO}_4}{\text{BM MgSO}_4} \times \text{BM Mg(OH)}_2 \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{36605}{120,37} \times 58,31 \\ &= 17732,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Hasil Reaksi dari NaOH dan MgCl₂

Reaksi:



a. NaCl

$$\begin{aligned} \text{massa NaCl} &= \frac{\text{Koef NaCl}}{\text{Koef MgCl}_2} \times \frac{\text{massa MgCl}_2}{\text{BM MgCl}_2} \times \text{BM NaCl} \\ &= \frac{2}{1} \times \frac{48960}{95,21} \times 58,44 \\ &= 60103,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Mg(OH)₂

$$\begin{aligned} \text{massa Mg(OH)}_2 &= \frac{\text{Koef Mg(OH)}_2}{\text{Koef MgCl}_2} \times \frac{\text{massa MgCl}_2}{\text{BM MgCl}_2} \times \text{BM Mg(OH)}_2 \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{48960}{95,21} \times 58,31 \\ &= 29984,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Hasil Reaksi dari NaOH dan KCl

Reaksi:



a. NaCl

$$\begin{aligned} \text{massa NaCl} &= \frac{\text{Koef NaCl}}{\text{Koef KCl}} \times \frac{\text{massa KCl}}{\text{BM KCl}} \times \text{BM NaCl} \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{1575}{74,55} \times 58,44 \\ &= 1234,93 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. KOH

$$\begin{aligned} \text{massa KOH} &= \frac{\text{Koef KOH}}{\text{Koef KCl}} \times \frac{\text{massa KCl}}{\text{BM KCl}} \times \text{BM KOH} \\ &= \frac{1}{1} \times \frac{1575}{74,55} \times 56,10 \\ &= 1185,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

Konversi reaksi pada Reaktor sebesar 90%, sehingga jumlah komponen yang tidak bereaksi adalah:

1. $\text{CaCO}_{3(s)}$ = $10\% \times 432 \text{ kg/hari}$
= $34,56 \text{ kg/hari}$
2. $\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}(aq)}$ = $10\% \times 6454,8 \text{ kg/hari}$
= $2581,92 \text{ kg/hari}$
3. $\text{MgSO}_{4(aq)}$ = $10\% \times 45756 \text{ kg/hari}$
= $3660,48 \text{ kg/hari}$
4. $\text{MgCl}_{2(aq)}$ = $10\% \times 12240 \text{ kg/hari}$
= 4896 kg/hari
5. KCl = $10\% \times 9846 \text{ kg/hari}$
= $157,54 \text{ kg/hari}$

Total komponen tidak bereaksi = 11330,50 kg/hari

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari H-110		Produk menuju H-130	
$\text{CaCO}_{3(s)}$	345,60	Reaksi I:	
$\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}(aq)}$	25819,2	$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$	329,37
$\text{NaCl}_{(aq)}$	439200	$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	230,21
$\text{MgSO}_{4(aq)}$	36604,80	Reaksi II:	
$\text{MgCl}_{2(aq)}$	48960	$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$	19174,06
$\text{NaBr}_{(s)}$	1630,08	$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	10000,10
$\text{KCl}_{(s)}$	1575,36	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	4859,66
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	13831661	Reaksi III:	
flok-flok	14,40	$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$	38875,23
		$\text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$	15958,99

NaOH dari F-122		Reaksi IV:	
NaOH _(aq)	78567,74	NaCl _(aq)	54093,06
		Mg(OH) _{2(aq)}	26986,37
		Reaksi V:	
		NaCl _(aq)	1111,44
		KOH _(s)	1066,93
		NaOH _{(s) sisa}	7856,77
		Komponen tidak bereaksi	11330,50
		NaCl _(aq)	439200
		NaBr _(s)	1630,08
		H ₂ O _(l)	13831661
		flok-flok	14,40
JUMLAH	14464377,98	JUMLAH	14464377,98

3. TANGKI PENGENCERAN NaOH (F-122)

Fungsi : Untuk melarutkan NaOH padat (*caustic soda*) dengan air agar terbentuk larutan NaOH yang akan digunakan sebagai reaktan reaksi pada Reaktor.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = 1 jam



Konsentrasi NaOH yang dibutuhkan untuk mereaksikan komponen-komponen di dalam reaktor adalah sebesar 48%.

Larutan NaOH yang dibutuhkan untuk reaksi di dalam reaktor
= $78567,74 \text{ kg/hari}$

NaOH padat yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH
= $48\% \times 78567,74 \text{ kg}$
= $37712,51 \text{ kg}$

Air yang dibutuhkan untuk melarutkan NaOH
= $78567,74 - 37712,51 = 40855.22 \text{ kg}$

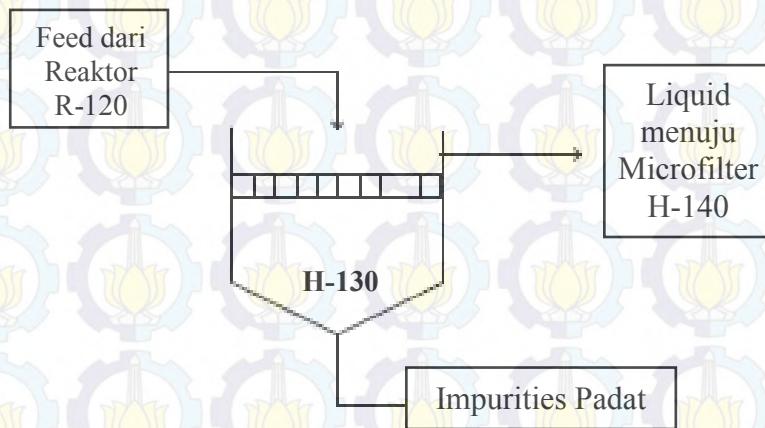
NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
NaOH padat	37712,51	Menuju R-130	
H ₂ O	40855,22	Larutan NaOH	78567,74
JUMLAH	78567,74	JUMLAH	78567,74

4. CLARIFIER (H-130)

Fungsi : Untuk mengendapkan padatan yang terlarut, sehingga memisahkan komponen padat dari larutan brine.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Feed yang Masuk ke Clarifier

Komponen	Massa (kg/hari)
Solid	
$\text{CaCO}_3(s)$	34,56
$\text{Na}_2\text{CO}_3(s)$	329,37
$\text{Na}_2\text{SO}_4(s)$	58049,29
$\text{Mg}(\text{OH})_2(s)$	42945,35
$\text{KCl}_{(s)}$	157,54
$\text{KOH}_{(s)}$	1066,93
$\text{NaBr}_{(s)}$	1630,08

flok-flok	14.40
Total	104227,53
Liquid	
Ca(OH) _{2(aq)}	10230,31
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2581,92
H ₂ O _(l)	13836520,46
MgSO _{4(aq)}	3660,48
MgCl _{2(aq)}	4896
NaCl _(aq)	494404,50
NaOH _(aq)	7856,77
Total	14360150,45

Tabel Kelarutan Komponen dalam Air

Komponen	Solubility (Klarutan)
CaCO ₃	tidak larut
CaSO _{4.2H₂O}	0,209 /100 gram water
NaCl	36,09 /100 gram water
MgSO ₄	40,8 /100 gram water
MgCl ₂	55,5 /100 gram water
NaBr	tidak larut
KCl	tidak larut
Na ₂ CO ₃	tidak larut
Ca(OH) ₂	0,513 /100 gram water
Na ₂ SO ₄	tidak larut
Mg(OH) ₂	tidak larut
KOH	tidak larut

NaOH	119	/100 gram water
flok-flok	tidak larut	

(Perry's Handbook 8^{ed}, Solubilities of inorganic compound in water, T=30 °C)

Keterangan:

1. CaCO₃, NaBr, KCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄, KOH, dan flok tidak dihitung kebutuhan airnya karena berupa padatan yang tidak larut di dalam air.
2. Mg(OH)_{2(aq)} dalam bentuk aquos diasumsikan berupa padatan dan tidak larut karena kelarutan sangat kecil (0,0009/100grH₂O).

Menghitung kebutuhan air pada Clarifier

1. Ca(OH)₂

Kelarutan Ca(OH)₂ pada suhu 30°C = 0,513/100 gram H₂O

Massa Ca(OH)₂ = 2787,79 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan untuk molarutkan Ca(OH)}_2 &= \frac{\text{Massa Ca(OH)}_2}{\text{Kelarutan Ca(OH)}_2} \times \rho_{\text{air}} \times 100 \\ &= \frac{10230,31}{0,513} \times 1 \times 100 \\ &= 1994213,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

H₂O pada feed yang masuk clarifier = 13836520,46 kg

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O sisa pelarutan Ca(OH)}_2 &= 13836520,46 - 1994213,27 \\ &= 11842307,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. CaSO_{4.2H₂O}

Kelarutan CaSO_{4.2H₂O} pada suhu 30°C = 0,209/100 gram H₂O

Massa CaSO_{4.2H₂O} = 645,48 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan untuk molarutkan CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}} &= \frac{\text{Massa CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}}{\text{Kelarutan CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}}} \times \rho_{\text{air}} \times 100 \\ &= \frac{2581,92}{0,209} \times 1 \times 100 \end{aligned}$$

$$= 1235368,42 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O sisa pelarutan Ca(OH)}_2 = 11842307,19 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O sisa pelarutan CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} &= 11842307,19 - 1235368,42 \\ &= 10606938,77 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. MgSO₄

Kelarutan MgSO₄ pada suhu 30°C = 40,8/100 gram H₂O

Massa MgSO₄ = 4575,60 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan untuk melarutkan MgSO}_4 &= \frac{\text{Massa MgSO}_4}{\text{Kelarutan MgSO}_4} \times \rho_{\text{air}} \times 100 \\ &= \frac{3660,48}{40,80} \times 1 \times 100 \\ &= 8971,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{H}_2\text{O sisa pelarutan CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 10606938,77 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O sisa pelarutan MgSO}_4 &= 10606938,77 - 8971,76 \\ &= 10597967 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. MgCl₂

Kelarutan MgCl₂ pada suhu 30°C = 55,5/100 gram H₂O

Massa MgCl₂ = 1244 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan untuk melarutkan MgCl}_2 &= \frac{\text{Massa MgCl}_2}{\text{Kelarutan MgCl}_2} \times \rho_{\text{air}} \times 100 \\ &= \frac{4896}{55,5} \times 1 \times 100 \\ &= 8821,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{H}_2\text{O sisa pelarutan MgSO}_4 = 10597967 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O sisa pelarutan MgCl}_2 &= 10597967 - 8821,62 \\ &= 10589145,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. NaCl

Kelarutan NaCl pada suhu 30°C = 36,09/100 gram H₂O

Massa NaCl = 555946,48 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan untuk melarutkan NaCl} &= \frac{\text{Massa NaCl}}{\text{Kelarutan NaCl}} \times \rho_{\text{air}} \times 100 \\ &= \frac{494404,50}{36,09} \times 1 \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1369921,02 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O sisa pelarutan MgCl}_2 &= 10589145,38 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O sisa pelarutan NaCl} &= 10589145,38 - 1369921,02 \\
 &= 9219224,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. NaOH

Kelarutan NaOH pada suhu 30°C = 36,09/100 gram H₂O

Massa NaOH = 555946,48 kg/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang dibutuhkan untuk} &\quad \frac{\text{Massa NaOH}}{\text{Kelarutan NaOH}} \times \rho_{\text{air}} \times 100 \\
 \text{milarutkan NaOH} &= \frac{7856,77}{119,00} \times 1 \times 100 \\
 &= 6602,33 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O sisa pelarutan NaCl} &= 9219224,36 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O sisa pelarutan NaOH} &= 9219224,36 - 6602,33 \\
 &= 9212622,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Total air yang dibutuhkan untuk milarutkan komponen dalam feed
= 4623898,43 kg/hari

Jumlah air yang masuk ke dalam clarifier = 13836520,46 kg

Sehingga, jumlah air berlebih yang tidak dibutuhkan =
 $13836520,46 - 4623898,43 = 9212622,03 \text{ kg/hari}$

Clarifier akan memisahkan liquid dengan solid dengan proses pengendapan padatan. Semua padatan yang terkandung dalam feed akan dipisahkan dan fase liquid akan menuju ke proses selanjutnya.

Asumsi :

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi liquid terikut solid} &= 2\% (\text{Perry } 6^{ed}; 19-87) \\
 \text{Massa liquid} &= 14360150,45 \text{ kg/hari} \\
 \text{Liquid terikut solid} &= 14360150,45 \times 2\% \\
 &= 287203,01 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Liquid keluar = massa liquid - massa liquid terikut solid

Terdiri dari :

Komponen	Liquid (kg/hari)	Liquid Terikut Solid (kg/hari)	Liquid Keluar (kg/hari)
Ca(OH) _{2(aq)}	10230,31	204,61	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2581,92	51,64	2530,28
H ₂ O _(l)	13836520,46	276730,41	13559790,05
MgSO _{4(aq)}	3660,48	73,21	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4896	97,92	4798,08
NaCl _(aq)	494404,50	9888,09	484516,41
NaOH _(aq)	7856,77	157,14	7699,64
Total	14360150,45	287203,01	14072947,44

Partikel solid yang mengendap di dalam Clarifier dan keluar menuju Unit Pengolahan Limbah.

$$\text{Solid Keluar} = (\text{massa solid} \times 70\%) - \text{massa liquid terikut solid}$$

$$\text{Solid Keluar ke H-130} = \text{massa solid} \times 30\%$$

Terdiri dari :

Komponen	Solid (kg/hari)	Liquid Terikut Solid (kg/hari)	Solid Keluar ke H-140 (kg/hari)
CaCO _{3(s)}	34,56		24,19
Na ₂ CO _{3(s)}	329,37		230,56
Na ₂ SO _{4(s)}	58049,29		40634,50
Mg(OH) _{2(s)}	42945,35		30061,75
KCl _(s)	157,54		110,28
KOH _(s)	1066,93		746,85

Appendiks A Neraca Massa

NaBr _(s)	1630,08		1141,06
flok-flok	14,40		10,08
Ca(OH) _{2(aq)}		204,61	204,61
CaSO _{4.2H₂O(aq)}		51,64	51,64
H ₂ O _(l)		276730,41	276730,41
MgSO _{4(aq)}		73,21	73,21
MgCl _{2(aq)}		97,92	97,92
NaCl _(aq)		9888,09	9888,09
NaOH _(aq)		157,14	157,14
Total	104227,53	287045,87	360005,14

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari R-120		Impurities Padat	
Reaksi I:		CaCO _{3(s)}	24,19
Na ₂ CO _{3(s)}	329,37	Na ₂ CO _{3(s)}	230,56
Ca(OH) _{2(aq)}	230,21	Na ₂ SO _{4(s)}	40634,50
Reaksi II:		Mg(OH) _{2(s)}	30061,75
Na ₂ SO _{4(s)}	19174,06	KCl _(s)	110,28
Ca(OH) _{2(aq)}	10000,10	KOH _(s)	746,85
H ₂ O _(l)	4859,66	NaBr _(s)	1141,06
Reaksi III:		flok-flok	10,08
Na ₂ SO _{4(s)}	38875,23	Ca(OH) _{2(aq)}	204,61
Mg(OH) _{2(aq)}	15958,99	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	51,64

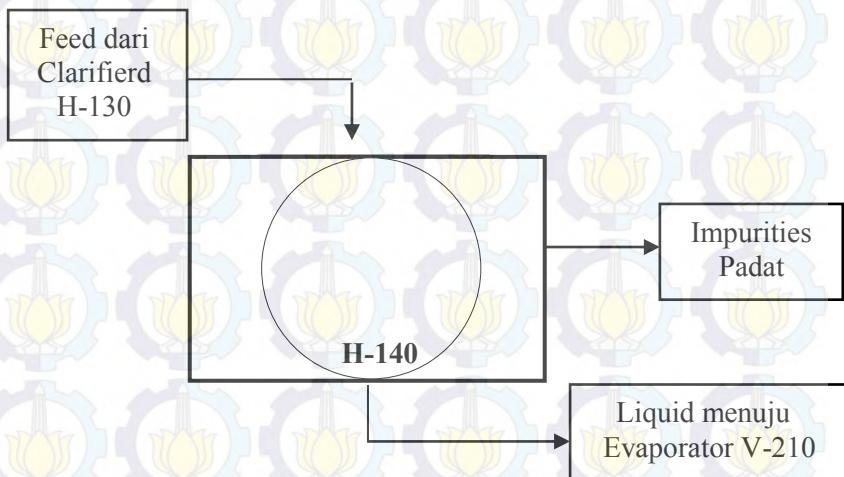
Reaksi IV:		H ₂ O _(l)	276730,41
NaCl _(aq)	54093,06	MgSO _{4(aq)}	73,21
Mg(OH) _{2(aq)}	26986,37	MgCl _{2(aq)}	97,92
Reaksi V:		NaCl _(aq)	9888,09
NaCl _(aq)	1111,44	NaOH _(aq)	157,14
KOH _(s)	1066,93		
NaOH _(s) sisa	7856,77	Liquid menuju H-140	
Komponen tidak bereaksi	11330,50	CaCO _{3(s)}	10,37
		Na ₂ CO _{3(s)}	98,81
NaCl _(aq)	439200	Na ₂ SO _{4(s)}	17414,79
NaBr _(s)	1630	Mg(OH) _{2(s)}	12883,61
H ₂ O _(l)	13831661	KCl _(s)	47,26
flok-flok	14,40	KOH _(s)	320,08
		NaBr _(s)	489,02
		flok-flok	4,32
		Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
		CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
		H ₂ O _(l)	13559790,05
		MgSO _{4(aq)}	3587,27
		MgCl _{2(aq)}	4798,08
		NaCl _(aq)	484516,41
		NaOH _(aq)	7699,64
JUMLAH	14464377,98	JUMLAH	14464377,98

5. MICROFILTER (H-140)

Fungsi : Untuk menyaring suspensi-suspensi terkecil yang ada dalam larutan brine dengan ukuran filter $0,5\mu\text{m}$. Microfilter akan menghilangkan partikel solid terikut di dalam larutan dan tidak mengendap di dalam clarifier.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Feed yang Masuk ke Microfilter

Komponen	Massa (kg/hari)
Solid	
$\text{CaCO}_{3(s)}$	10,37
$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$	98,81
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$	17414,79

$\text{Mg(OH)}_{2(\text{s})}$	12883,61
$\text{KCl}_{(\text{s})}$	47,26
$\text{KOH}_{(\text{s})}$	320,08
$\text{NaBr}_{(\text{s})}$	489,02
flok-flok	4,32
Total	31268,26
Liquid	
$\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$	10025,71
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	2530,28
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	13559790,05
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	3587,27
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	4798,08
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	484516,41
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	7699,64
Total	14072947,44

Menghitung Solid Tersaring

1. $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ = 100% X massa $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$
= 1 X 10,37 = 10,37 kg/hari
2. $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{s})}$ = 100% X massa $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{s})}$
= 1 X 98,91 = 98,91 kg/hari
3. $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{s})}$ = 100% X massa $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{s})}$
= 1 X 17414,79 = 17414,79 kg/hari
4. $\text{Mg(OH)}_{2(\text{s})}$ = 100% X massa $\text{Mg(OH)}_{2(\text{s})}$
= 1 X 12883,61 = 12883,61 kg/hari
5. $\text{KCl}_{(\text{s})}$ = 100% X massa $\text{KCl}_{(\text{s})}$
= 1 X 47,26 = 47,26 kg/hari

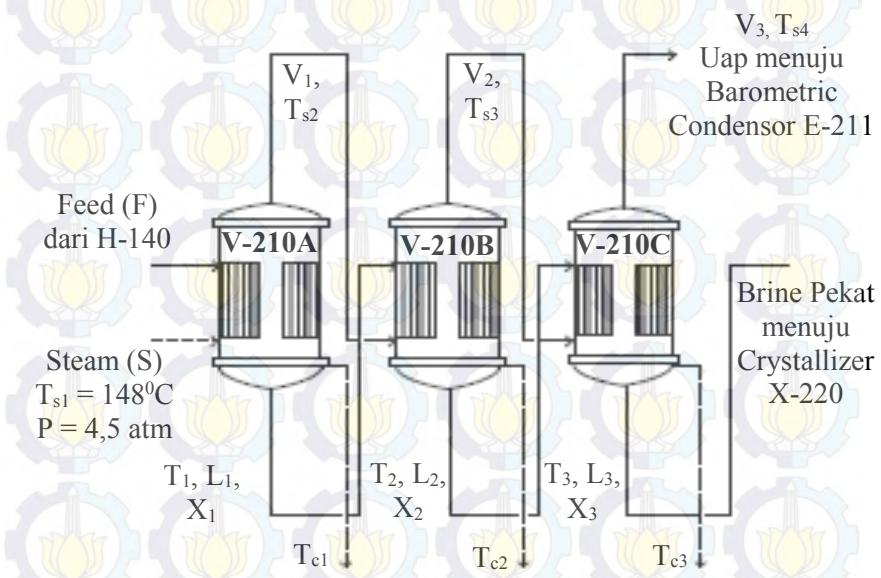
6. KOH_(s) = 100% X massa KOH_(s)
 = 1 X 329,08 = 329,08 kg/hari
7. NaBr_(s) = 100% X massa NaBr_(s)
 = 1 X 489,02 = 489,02 kg/hari
8. Flok-flok = 100% X massa flok
 = 1 X 4,32 = 4,32 kg/hari

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari H-130		Impurities Padat	
CaCO _{3(s)}	10,37	CaCO _{3(s)}	10,37
Na ₂ CO _{3(s)}	98,81	Na ₂ CO _{3(s)}	98,81
Na ₂ SO _{4(s)}	17414,79	Na ₂ SO _{4(s)}	17414,79
Mg(OH) _{2(s)}	12883,61	Mg(OH) _{2(s)}	12883,61
KCl _(s)	47,26	KCl _(s)	47,26
KOH _(s)	320,08	KOH _(s)	320,08
NaBr _(s)	489,02	NaBr _(s)	489,02
flok-flok	4,32	flok-flok	4,32
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71		
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	Liquid menuju V-210	
H ₂ O _(l)	13559790,05	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
MgSO _{4(aq)}	3587,27	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
MgCl _{2(aq)}	4798,08	H ₂ O _(l)	13559790,05
NaCl _(aq)	484516,41	MgSO _{4(aq)}	3587,27
NaOH _(aq)	7699,64	MgCl _{2(aq)}	4798,08

		NaCl _(aq)	484516,41
		NaOH _(aq)	7699,64
JUMLAH	14104215,70	JUMLAH	14104215,70

6. EVAPORATOR (V-210)

Fungsi : Untuk mengurangi kandungan air dalam larutan garam (brine) sehingga dapat meningkatkan konsentrasi NaCl di dalam brine agar lebih pekat.



Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = berdasarkan perhitungan multiple effect
 - Tekanan Operasi = 4,5 atm (*Ulrich : 426*)
 - Waktu Operasi = Kontinyu

Feed yang Masuk ke Evaporator

Komponen	Berat (kg/hari)	% berat	Fraksi berat (X)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,07	0,0007
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,018	0,00018
H ₂ O _(l)	13559790,05	96,35	0,9635
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,03	0,0003
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,03	0,0003
NaCl _(aq)	484516,41	3,44	0,0344
NaOH _(aq)	7699,64	0,05	0,0005
Total	14072947,44	100	1

Pada evaporator, larutan garam (brine) dipekatkan dari konsentrasi sebesar 3,44% menjadi 60%.

Neraca Massa Total :

$$F = L + V$$

Neraca Massa Komponen NaCl :

$$\begin{aligned} F \times X_F &= L \times X_L + V \times X_V \\ F &= 14072947,44 \text{ kg} \\ X_F &= 0,0344 \end{aligned}$$

Asumsi tidak ada NaCl yang ikut menguap, maka $X_V = 0$. Sehingga, $X_L = 0,60$.

$$F \times X_F = 14072947,44 \times 0,0344$$

$$= 484516,41 \text{ kg}$$

$V \times X_V = 0$ (tidak ada NaCl yang menguap)

$$L = \frac{F \times X_F}{X_L}$$

$$= \frac{484516,41}{0,60}$$

$$= 807527,35 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa komponen selain H}_2\text{O} &= \text{massa feed} - \text{massa H}_2\text{O} \\ &= 14072947,44 - 13559790,05 \\ &= 513157,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O pada produk} &= \text{massa produk akhir} - \text{massa komponen selain H}_2\text{O} \\ &= 807527,35 - 513157,39 \\ &= 294369,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O pada feed} = 13559790,05 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O yang menguap} &= \text{massa H}_2\text{O pada feed} - \text{massa H}_2\text{O pada produk} \\ &= 13559790,05 - 294369,96 \\ &= 13265420,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

Neraca Massa Total untuk Evaporator Triple Effect :

Perhitungan Total Vaporized ($V_1 + V_2 + V_3$)

$$F = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3)$$

$$F = L_3 + (V_{\text{total}})$$

$$F \times X_F = L_3 \times X_{L3}$$

$$X_{L3} = 0,6 \text{ (kadar pemekatan 60%)}$$

$$L_3 = \frac{F \times X_F}{X_{L3}}$$

$$= \frac{484516,41}{0,60}$$

$$= 807527,35 \text{ kg}$$

Sehingga, $F = L_3 + (V_{total})$

$$V_{total} = F - L_3$$

$$= 14072947,44 - 807527,35$$

$$= 13265420,09 \text{ kg}$$

Asumsi bahwa $V_1 = V_2 = V_3$ (Foust : 511)

$$\text{maka, } V_1 = V_2 = V_3 = \frac{V_{total}}{3}$$

$$= \frac{13265420,09}{3}$$

$$= 4421806,70 \text{ kg}$$

Perhitungan Neraca Massa pada tiap Effect

Neraca Massa pada Effect I :

$$F = L_1 + V_1$$

$$L_1 = F - V_1$$

$$= 14072947,44 - 4421806,70$$

$$= 9651140,74 \text{ kg}$$

$$F \times X_F = L_1 \times X_{L1}$$

$$X_{L1} = \frac{F \times X_F}{L_1}$$

$$= \frac{484516,41}{9651140,74}$$

$$= 0,050$$

Neraca Massa pada Effect II :

$$L_1 = V_1 + L_2$$

$$L_2 = L_1 - V_1$$

$$= 9651140,74 - 4421806,70$$

$$= 5229334,04 \text{ kg}$$

$$L_1 \times X_{L1} = L_2 \times X_{L2}$$

$$X_{L2} = \frac{L_2 \times X_{L2}}{L_1 \times X_{L1}}$$

$$= \frac{484516,41}{5229334,04}$$

$$= 0,093$$

Neraca Massa pada Effect III :

$$\begin{aligned} L_2 &= L_3 + V_3 \\ L_3 &= L_2 - V_3 \\ &= 5229334,04 - 4421806,70 \\ &= 807527,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_2 \times X_{L2} &= L_3 \times X_{L3} \\ X_{L3} &= \frac{L_2 \times X_{L2}}{L_3} \\ &= \frac{484516,41}{807527,35} \\ &= 0,60 \end{aligned}$$

Dari perhitungan neraca massa, diperoleh $X_{L3} = 0,60$ dan kadar pemekatan pada evaporator adalah 0,60. Maka, hasil perhitungan sesuai.

Neraca Massa tiap Effect

NERACA MASSA EFFECT I			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Feed dari H-140		Ke Effect II	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	13559790,05	H ₂ O _(l)	9137983,35
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41

Appendiks A Neraca Massa

NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	14072947,44	JUMLAH	14072947,44

NERACA MASSA EFFECT II			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect I		Ke Effect III	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	9137983,35	H ₂ O _(l)	4716176,66
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41
NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	9651140,74	JUMLAH	9651140,74

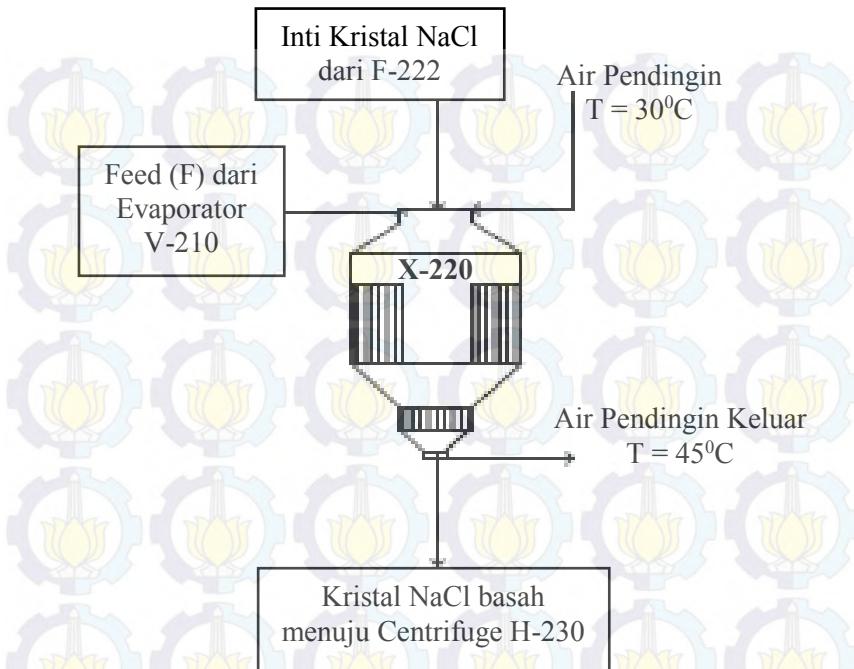
NERACA MASSA EFFECT III			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect II		Brine pekat menuju X-220	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	4716176,66	H ₂ O _(l)	294369,96
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41
NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	5229334,04	JUMLAH	5229334,04

7. CRYSTALLIZER (X-220)

Fungsi : Untuk membentuk kristal-kristal garam dari larutan brine.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Jenis crystallizer yang digunakan pada proses kristalisasi ini adalah Swenson Walker Crystallizer dengan pendingin *jacket*. Crystallizer jenis ini adalah jenis crystallizer yang biasa dipakai di industri gula/garam (*Foust : 518*).

Terdapat 4 macam proses kristalisasi, yaitu dengan cara pemanasan, pendinginan, adiabatik, dan penambahan garam. Pada proses kristalisasi ini digunakan proses pendinginan dengan air pendingin yang dialirkkan melalui *jacket* dan dengan penambahan garam. Garam yang dibutuhkan adalah 0,01% dari massa feed.

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, massa garam yang ditambahkan} &= 0,01\% \times \text{massa feed} \\
 &= 0,01\% \times 806848,99 \\
 &= 80,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Suhu operasi yang digunakan pada crystallizer adalah 32°C, dimana kelarutan NaCl pada suhu tersebut adalah 36,09/100 gram H₂O. (*Perry's Handbook, Solubilities of inorganic compound in water*)

Feed yang Masuk ke Crystallizer

Komponen	Berat (kg/hari)	Inti Kristal (kg/hari)	Berat Total (kg/hari)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71		10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28		2530,28
H ₂ O _(l)	294369,96		294369,96
MgSO _{4(aq)}	3587,27		3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08		4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	80,75	484597,16
NaOH _(aq)	7699,64		7699,64
Total	807527,35	80,75	807608,10

Menentukan Kristal yang Terbentuk

$$P = R \times \frac{100 W_0 - S (H_0 - E)}{100 - S (R - 1)} \quad (\text{Perry } 7^{\text{ed}} : 18)$$

dimana:

P = Massa kristal

R = Ratio BM dari kristal / larutan

S = Solubility kristal pada mother liquor

W₀ = Massa bahan yang akan dikristalkan

H₀ = Total bahan yang bersifat liquid

E = Evaporation

- Penguapan H₂O

Asumsi :

Tidak terjadi penguapan H₂O, maka H₂O yang menguap = 0 kg

Ratio BM kristal dengan larutan (R)

$$\text{BM NaCl} = 58,44 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{BM NaCl.}2\text{H}_2\text{O} = 94,47 \text{ kg/kmol}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{\text{BM NaCl.}2\text{H}_2\text{O}}{\text{BM NaCl}} \\ &= \frac{94,47}{58,44} \\ &= 1,62 \end{aligned}$$

- Solubility Kristal pada Mother Liquor (S)

Kelarutan pada mother liquor $30^{\circ}\text{C} = 89,8/100$ gram H_2O

(Perry 7^{ed} : T.2-1)

Sehingga, kelarutan kristal pada mother liquor :

$$\begin{aligned} S &= \frac{89,8}{89,8+100} \\ &= \frac{90}{190} \\ &= 0,47 \end{aligned}$$

Massa NaCl terkristalkan pada feed (W_0) :

$$W_0 = 484597,16 \text{ kg}$$

Total bahan yang bersifat liquid pada Feed :

$$\begin{aligned} H_0 &= \text{massa total} - W_0 \\ &= 807608,10 - 484597,16 \\ &= 323010,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Evaporation (E)

$E = \text{H}_2\text{O}$ yang menguap

Asumsi bahwa tidak ada H_2O yang menguap, maka $E = 0 \text{ kg}$

Maka, jumlah kristal yang terbentuk :

$$P = R \times \frac{100 W_0 - S (H_0 - E)}{100 - S (R - 1)}$$

$$P = 1,62 \times \frac{(100 \times 484516,41) - (0,47 \times (322332,58 - 0))}{100 - (0,47 \times (1,62 - 1))}$$

$$P = 1,62 \times \frac{48306890,03}{99,71}$$

$$P = 542431,54 \text{ kg}$$

Massa kristal NaCl.2H ₂ O	= 736412,87 kg
Yield kristalisasi	= 98% (Perry 6 ^{ed} ; p/ 18-36)
Massa NaCl pada feed	= 484516,41 kg
Massa NaCl terkristalkan	= 98% X 484516,41
	= 474826,08 kg
Massa NaCl sisa kristalisasi	= 484597,09 - 474826,08
	= 9690,33 kg
Massa H ₂ O pada kristal	= massa kristal NaCl.2H ₂ O - massa NaCl terkristalkan
	= 542431,54 - 474826,08
	= 67605,46 kg
Massa H ₂ O pada feed	= 294369,96 kg
Massa H ₂ O sisa kristalisasi	= massa H ₂ O pada feed - massa H ₂ O pada kristal
	= 294369,96 - 67605,46
	= 226764,50 kg

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Brine pekat dari V-210		Kristal NaCl basah ke H-230	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	294369,96	H ₂ O _(l)	226764,50
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08

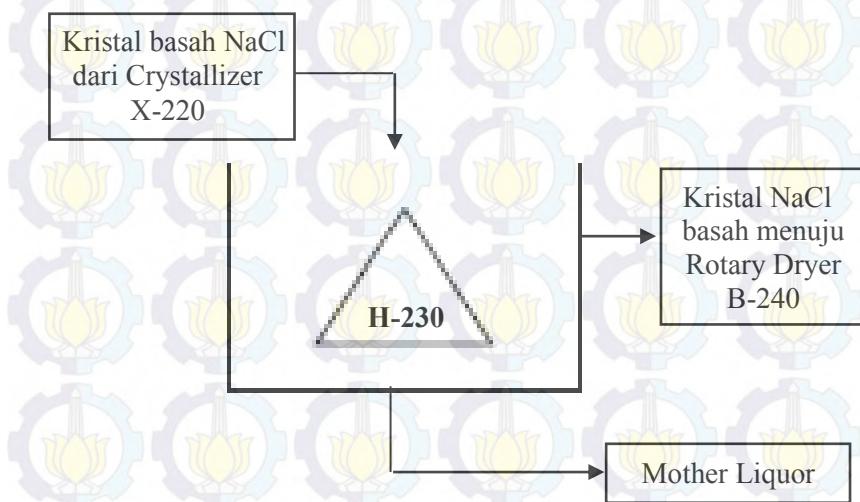
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30
NaOH _(aq)	7699,64	NaCl _(aq)	9690,33
		NaOH _(aq)	7699,64
Inti Kristal dari F-222			
NaCl.2H ₂ O _(s)	80,75		
JUMLAH	807608,10	JUMLAH	807608,10

8. CENTRIFUGE (H-230)

Fungsi : Untuk memisahkan kristal-kristal NaCl dengan mother liquor.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Feed yang Masuk ke Centrifuge

Komponen	Massa (kg/hari)
Solid	
NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30
Total	542512,30
Liquid	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	226764,50
MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	9690,33
NaOH _(aq)	7699,64
Total	265095,80

Perhitungan Komponen Liquid

Asumsi liquid terikut solid = 5% (*Perry 6^{ed} ; 19-87*)

$$\text{Massa liquid} = 265095,80 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Liquid terikut solid} &= 265095,80 \times 5\% \\ &= 13254,79 \text{ kg}\end{aligned}$$

Liquid keluar = massa liquid - massa liquid terikut solid

Terdiri dari :

Komponen	Liquid (kg/hari)	Liquid Terikut Solid (kg/hari)	Liquid Keluar (kg/hari)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	501,29	9524,42
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	126,51	2403,77
MgSO _{4(aq)}	3587,27	179,36	3407,91
MgCl _{2(aq)}	4798,08	239,90	4558,18
NaCl _(aq)	9690,33	484,52	9205,81
NaOH _(aq)	7699,64	384,98	7314,66
Total	38331,31	1916,57	36414,74

Perhitungan Komponen Solid

Solid Keluar = massa solid + massa liquid terikut solid

Terdiri dari :

Komponen	Solid (kg/hari)	Liquid Terikut Solid (kg/hari)	Solid Keluar (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30		542512,30
Ca(OH) _{2(aq)}		501,29	501,29
CaSO _{4.2H₂O(aq)}		126,51	126,51
H ₂ O _(l)		226764,50	226764,50
MgSO _{4(aq)}		179,36	179,36
MgCl _{2(aq)}		239,90	239,90
NaCl _(aq)		484,52	484,52
NaOH _(aq)		384,98	384,98
Total	542512,30	228681,06	771193,36

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal basah dari X-220		Mother Liquor	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	9524,42
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2403,77
H ₂ O _(l)	226764,50	MgSO _{4(aq)}	3407,91
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgCl _{2(aq)}	4558,18
MgCl _{2(aq)}	4798,08	NaCl _(aq)	9205,81
NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30	NaOH _(aq)	7314,66
NaCl _(aq)	9690,33		
NaOH _(aq)	7699,64		

		Kristal basah menuju B-240	
		NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30
		Ca(OH) _{2(s)}	501,29
		CaSO ₄ .2H ₂ O _(s)	126,51
		H ₂ O _(l)	226764,50
		MgSO _{4(s)}	179,36
		MgCl _{2(s)}	239,90
		NaCl _(s)	484,52
		NaOH _(s)	384,98
JUMLAH	807608,10	JUMLAH	807608,10

9. ROTARY DRYER (B-240)

Fungsi : Untuk mengeringkan kristal NaCl dengan udara panas.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 40°C
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu

Kristal NaCl basah dari Centrifuge H-230

Udara Panas

T=40°C

Udara panas + Solid menuju Cyclone H-241

B-240

Kristal NaCl kering menuju Conveyor J-311

Feed yang Masuk ke Rotary Dryer

Komponen	Massa (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O	542512,30
NaCl	484,52
Ca(OH) ₂	501,29
CaSO ₄ .2H ₂ O	126,51
H ₂ O	226764,50
MgSO ₄	179,36
MgCl ₂	239,90
NaOH	384,98
Total	771193,36

Dasar perhitungan :

1. Panas hilang (Q_{loss}) = 5 % dari panas masuk
2. Udara panas masuk pada suhu 40°C dan relative humidity 40%
 $TG_2 = 40^\circ\text{C}$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk (H_2) = 0,0225 kg H₂O/kg udara kering
(Geankoplis, figure 9.3-2)

3. Untuk Rotary Dyer , harga Nt berkisar antara 1,5 sampai 2,5
(Mc-Cabe).

$$Nt = 2$$

4. Dari humidity chart untuk TG2 40°C dengan $H_2 = \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg udara kering}}$

maka diperoleh :

$$Tw = 26^\circ\text{C}$$

$$Nt = \frac{\ln (TG_2 - Tw)}{(TG_1 - Tw)}$$

$$2 = \frac{\ln (40 - 26)}{(TG_1 - 26)}$$

$$TG_1 = 27,315^\circ\text{C}$$

5. Rate solid masuk (L_s) = 544428,86 kg
6. Suhu masuk solid (T_{s1}) = 32°C
7. Suhu solid keluar (T_{s2}) = 38°C
8. Kapasitas panas solid Cps = 0,26 kkal/kg.°K
9. Kapasitas udara Cpa = 0,24 kkal/kg.°K
10. Suhu referen (T_0) = 25
11. Panas latent = 653,1 kJ/kg

$$X_1 = \frac{\text{Massa H}_2\text{O}}{\text{Massa feed kering}}$$

$$= \frac{226764,50}{544428,86}$$

$$= 0,42 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

12. Kadar air dalam Produk Keluar : 1%

$$X_2 = 0,01$$

Neraca massa komponen air:

$$\begin{aligned} G \cdot H_2 + L_s \cdot X_1 &= G \cdot H_1 + L_s \cdot X_2 \\ 0,0225 G + 226764,49 &= G \cdot H_1 + 5444,28 \\ G \cdot H_1 - 0,0225 G &= 221320,20 \end{aligned}$$

Entalpi udara panas masuk:

$$\begin{aligned} H'G_2 &= Cs (TG_2 - T_0) - H_2 \cdot \Lambda \\ H'G_2 &= (0,24 + H_2 \cdot 0,26) (TG_2 - T_0) + (0,0225 \times 653,1) \\ H'G_2 &= 18,38 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Entalpi udara keluar:

$$\begin{aligned} H'G_1 &= Cs (TG_1 - T_0) + H_1 \cdot \Lambda \\ H'G_1 &= (0,24 + H_1 \cdot 0,26) (TG_1 - T_0) + (H_1 \times 653,1) \\ H'G_1 &= (0,24 + 0,26 H_1) 2,315 + 653,1 H_1 \\ H'G_1 &= 0,55 + 653,7 H_1 \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar:

$$\begin{aligned} H's_2 &= Cps (Ts_2 - T_0) + X_2 \cdot Cpa (Ts_2 - T_0) \\ H's_2 &= (0,26 (38 - 25)) + (0,01 \times 0,24 (38 - 25)) \\ H's_2 &= 3,41 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk:

$$\begin{aligned} H's_{21} &= Cps (Ts_1 - T_0) + X_1 \cdot Cpa (Ts_1 - T_0) \\ H's_{21} &= 0,26 \cdot (32 - 25) + 0,42 \cdot 0,24 (32 - 25) \\ H's_{21} &= 2,52 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Perhitungan neraca massa komponen

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O produk} &= Ls \times X_2 \\ &= 5444,29 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan neraca udara basah

$$\begin{aligned} \text{Uap air} &= (\text{Feed H}_2\text{O masuk} + (G \times H_2)) - \text{H}_2\text{O produk} \\ &= 1712737,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Udara basah} &= G + \text{Uap air} \\ &= 67997966,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan neraca masa komponen menuju cyclone

Asumsi solid yang terbawa udara panas ke cyclone = 1%

(Ludwig : 165)

Produk Solid = massa solid - massa solid terbawa udara panas

Terdiri dari :

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl basah dari H-230		Udara panas+Solid menuju H-241	
NaCl.2H ₂ O _(s)	542512,30	NaCl.2H ₂ O _(s)	5425,12
NaCl _(s)	484,52	NaCl _(s)	4,85
Ca(OH) _{2(s)}	501,29	Ca(OH) _{2(s)}	5,01
CaSO _{4.2H₂O(s)}	126,51	CaSO _{4.2H₂O(s)}	1,27
MgSO _{4(s)}	179,36	MgSO _{4(s)}	1,79

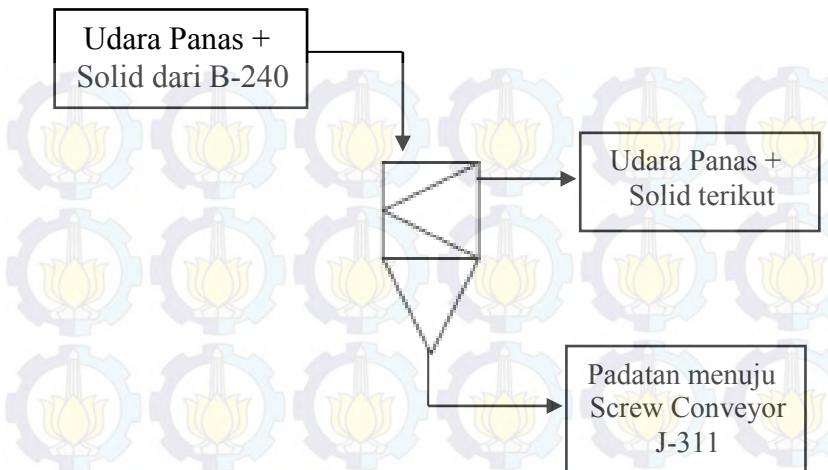
$\text{MgCl}_{2(\text{s})}$	239,90	$\text{MgCl}_{2(\text{s})}$	2,40
$\text{NaOH}_{(\text{s})}$	384,98	$\text{NaOH}_{(\text{s})}$	3,85
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	225684,37		
Udara Basah :			
Udara Panas		Udara Kering	66285229,04
Udara Kering	66285229,04	Uap Air	1716021,89
Uap Air	1491417,65	Kristal NaCl kering menuju J-311	
		$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	537087,17
		$\text{NaCl}_{(\text{s})}$	479,67
		$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$	496,27
		$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	125,25
		$\text{MgSO}_{4(\text{s})}$	177,57
		$\text{MgCl}_{2(\text{s})}$	237,50
		$\text{NaOH}_{(\text{s})}$	381,13
		$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1080,13
JUMLAH	68546759,93	JUMLAH	68546759,93

10. CYCLONE (H-241)

Fungsi : Untuk memisahkan padatan dan udara panas.
Efisiensi cyclone = 99% (Ludwig : 165)

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Efisiensi cyclone = 99% (Ludwig : 165)

Maka, massa solid yang hilang = 1%

Produk Solid = massa solid - massa kehilangan solid

Terdiri dari :

Komponen	Solid (kg/hari)	Kehilangan Solid 1% (kg/hari)	Produk Solid (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O _(s)	5425,12	54,25	5370,87
NaCl _(s)	4,85	0,05	4,80
Ca(OH) ₂	5,01	0,05	4,96
CaSO ₄ .2H ₂ O _(s)	1,27	0,01	1,25
MgSO _{4(s)}	1,79	0,02	1,78
MgCl _{2(s)}	2,40	0,02	2,38
NaOH _(s)	3,85	0,04	3,81
Total	5444,29	54,44	5389,85

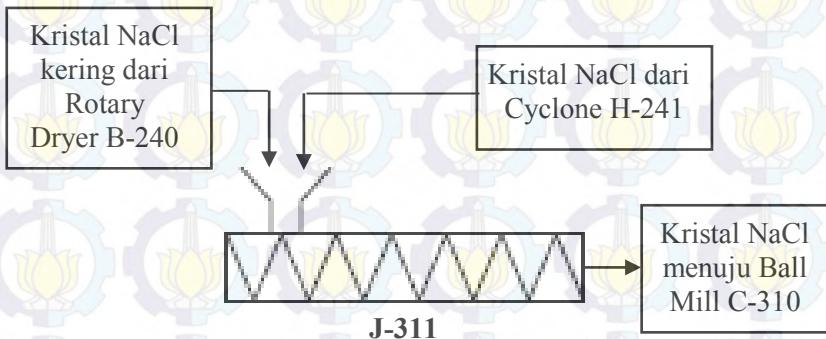
NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Udara Panas + Solid dari B-240		Udara Panas + Solid terikut	
NaCl.2H ₂ O _(s)	5425,12	NaCl.2H ₂ O _(s)	54,25
NaCl _(s)	4,85	NaCl _(s)	0,05
Ca(OH) _{2(s)}	5,01	Ca(OH) _{2(s)}	0,05
CaSO _{4.2H₂O(s)}	1,27	CaSO _{4.2H₂O(s)}	0,01
MgSO _{4(s)}	1,79	MgSO _{4(s)}	0,02
MgCl _{2(s)}	2,40	MgCl _{2(s)}	0,02
NaOH _(s)	3,85	NaOH _(s)	0,04
Udara Panas		Udara Kering	66285229,04
Udara Kering	66285229,04	Uap Air	1716021,89
Uap Air	1716021,89	Padatan menuju J-311	
		NaCl.2H ₂ O _(s)	5370,87
		NaCl _(s)	4,80
		Ca(OH) _{2(s)}	4,96
		CaSO _{4.2H₂O(s)}	1,25
		MgSO _{4(s)}	1,78
		MgCl _{2(s)}	2,38
		NaOH _(s)	3,81
JUMLAH	68006695,22	JUMLAH	68006695,22

11. SCREW CONVEYOR (J-311)

Fungsi : Untuk mendistribusikan kristal NaCl kering menuju elevator kemudian menuju Ball Mill.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



$$\begin{aligned}
 \text{Total feed masuk} &= \text{feed dari dryer} + \text{feed dari cyclone} \\
 &= 540064,70 + 5389,85 \\
 &= 545454,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Terdiri dari:

Komponen	Feed dari Dryer (kg/hari)	Feed dari Cyclone (kg/hari)	Feed Total (kg/hari)
$\text{NaCl}.2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	537087,17	5370,87	542458,05
$\text{NaCl}_{(\text{s})}$	479,67	4,80	484,47
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$	496,27	4,96	501,24
$\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$	125,25	1,25	126,50
$\text{MgSO}_4_{(\text{s})}$	177,57	1,78	179,35

Appendiks A Neraca Massa

$MgCl_{2(s)}$	237,50	2,38	239,88
$NaOH_{(s)}$	381,13	3,81	384,94
$H_2O_{(l)}$	1080,13	0,00	1080,13
Total	540064,70	5389,85	545454,55

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl kering dari B-240		Kristal NaCl menuju C-310	
$NaCl \cdot 2H_2O_{(s)}$	537087,17	$NaCl \cdot 2H_2O_{(s)}$	542458,05
$NaCl_{(s)}$	479,67	$NaCl_{(s)}$	484,47
$Ca(OH)_{2(s)}$	496,27	$Ca(OH)_{2(s)}$	501,24
$CaSO_4 \cdot 2H_2O_{(s)}$	125,25	$CaSO_4 \cdot 2H_2O_{(s)}$	126,50
$MgSO_{4(s)}$	177,57	$MgSO_{4(s)}$	179,35
$MgCl_{2(s)}$	237,50	$MgCl_{2(s)}$	239,88
$NaOH_{(s)}$	381,13	$NaOH_{(s)}$	384,94
$H_2O_{(l)}$	1080,13	$H_2O_{(l)}$	1080,13
Kristal NaCl dari H-241			
$NaCl \cdot 2H_2O_{(s)}$	5370,87		
$NaCl_{(s)}$	4,80		
$Ca(OH)_{2(s)}$	4,96		
$CaSO_4 \cdot 2H_2O_{(s)}$	1,25		
$MgSO_{4(s)}$	1,78		
$MgCl_{2(s)}$	2,38		
$NaOH_{(s)}$	3,81		

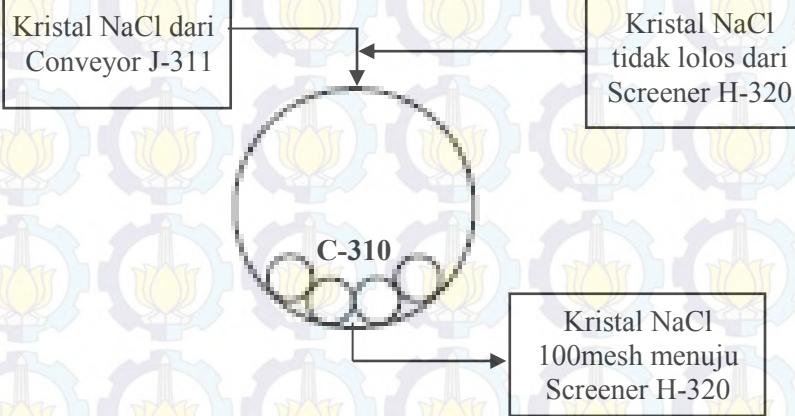
JUMLAH	545454,55	JUMLAH	545454,55
--------	-----------	--------	-----------

12. BALL MILL (C-310)

Fungsi : Untuk menghaluskan kristal menjadi ukuran yang sangat kecil (100mesh).

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Neraca massa total :

$$\begin{aligned}
 \text{Feed masuk + recycle} &= \text{Feed keluar} \\
 F + R &= F' \\
 F' &= P + R \\
 P &= F' - R
 \end{aligned}$$

Feed yang Masuk ke Ball Mill

Komponen	Massa (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O _(s)	542458,05
NaCl _(s)	484,47
Ca(OH)2 _(s)	501,24
CaSO4.2H ₂ O _(s)	126,50
MgSO4 _(s)	179,35
MgCl2 _(s)	239,88
NaOH _(s)	384,94
H ₂ O _(l)	1080,13
Total	545454,55

Ukuran feed masuk = 10 mesh

Ukuran feed keluar = 100 mesh

Asumsi ukuran yang tidak sesuai (*reject*)

Bahan dengan ukuran sesuai

= 5%

= 95%

Neraca massa total :

Feed masuk + recycle = Feed keluar

$$F + R = F'$$

$$R = 5\% F$$

$$F + 5\% F = F'$$

$$F = 545454,55$$

$$R = 5\% \times 545454,55$$

$$= 27272,73 \text{ kg}$$

$$F' = F + R$$

$$= 545454,55 + 27272,73$$

$$= 572727,28 \text{ kg}$$

Komposisi Produk Keluar :

Komponen	Feed (F) (kg/hari)	Recycle (R) (kg/hari)	Produk (F') (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O	542458,05	27122,90	569580,95
NaCl	484,47	24,22	508,69
Ca(OH)2	501,24	25,06	526,30
CaSO4.2H ₂ O	126,50	6,33	132,83
MgSO ₄	179,35	8,97	188,31
MgCl ₂	239,88	11,99	251,87
NaOH	384,94	19,25	404,19
H ₂ O	1080,13	54,01	1134,14
Total	545454,55	27272,73	572727,28

NERACA MASSA

Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl dari J-311		Kristal NaCl 100mesh menuju F-330	
NaCl.2H ₂ O _(s)	542458,05	NaCl.2H ₂ O _(s)	569580,95
NaCl _(s)	484,47	NaCl _(s)	508,69
Ca(OH) _{2(s)}	501,24	Ca(OH) _{2(s)}	526,30
CaSO _{4.2H₂O(s)}	126,50	CaSO _{4.2H₂O(s)}	132,83
MgSO _{4(s)}	179,35	MgSO _{4(s)}	188,31
MgCl _{2(s)}	239,88	MgCl _{2(s)}	251,87
NaOH _(s)	384,94	NaOH _(s)	404,19
H ₂ O _(l)	1080,13	H ₂ O _(l)	1134,14

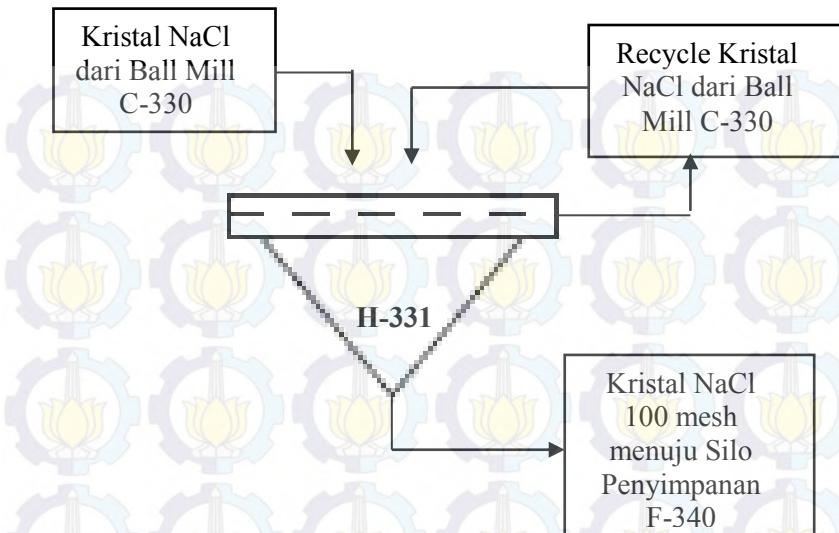
Kristal NaCl tidak lolos H-320			
NaCl.2H ₂ O _(s)	27122,90		
NaCl _(s)	24,22		
Ca(OH) _{2(s)}	25,06		
CaSO _{4.2H₂O(s)}	6,33		
MgSO _{4(s)}	8,97		
MgCl _{2(s)}	11,99		
NaOH _(s)	19,25		
H ₂ O _(l)	54,01		
JUMLAH	572727,28	JUMLAH	572727,28

13. SCREENER (H-331)

Fungsi : Untuk memisahkan produk kristal NaCl dengan ukuran 100 mesh.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32⁰C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu



Neraca massa total :

$$\begin{aligned}
 \text{Feed masuk + recycle} &= \text{Feed keluar} \\
 F + R &= F' \\
 F' &= P + R \\
 P &= F' - R
 \end{aligned}$$

Feed yang Masuk ke Screener

Komponen	Massa (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O	569580,95
NaCl	508,69
Ca(OH) ₂	526,30
CaSO ₄ .2H ₂ O	132,83
MgSO ₄	188,31
MgCl ₂	251,87
NaOH	404,19

H ₂ O	1134,14
Total	572727,28

Berdasarkan perhitungan pada Ball Mill, maka didapatkan:
Neraca massa total :

$$\begin{aligned}
 F' &= P + R \\
 572727,28 &= P + 27272,73 \\
 P &= 545454,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Komposisi Produk Keluar :

Komponen	Feed (F) (kg/hari)	Recycle (R) (kg/hari)	Produk (F') (kg/hari)
NaCl.2H ₂ O	569580,95	27122,90	542458,05
NaCl	508,69	24,22	484,47
Ca(OH) ₂	526,30	25,06	501,24
CaSO ₄ .2H ₂ O	132,83	6,33	126,50
MgSO ₄	188,31	8,97	179,35
MgCl ₂	251,87	11,99	239,88
NaOH	404,19	19,25	384,94
H ₂ O	1134,14	54,01	1080,13
Total	572727,28	27272,73	545454,55

NERACA MASSA			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Kristal NaCl dari C-330		Produk NaCl menuju F-340	
NaCl.2H ₂ O _(s)	569580,95	NaCl.2H ₂ O _(s)	542458,05
NaCl _(s)	508,69	NaCl _(s)	484,47
Ca(OH) _{2(s)}	526,30	Ca(OH) _{2(s)}	501,24
CaSO _{4.2H₂O(s)}	132,83	CaSO _{4.2H₂O(s)}	126,50
MgSO _{4(s)}	188,31	MgSO _{4(s)}	179,35
MgCl _{2(s)}	251,87	MgCl _{2(s)}	239,88
NaOH _(s)	404,19	NaOH _(s)	384,94
H ₂ O _(l)	1134,14	H ₂ O _(l)	1080,13
		Kristal NaCl direcycle menuju C-310	
		NaCl.2H ₂ O _(s)	27122,90
		NaCl _(s)	24,22
		Ca(OH) _{2(s)}	25,06
		CaSO _{4.2H₂O(s)}	6,33
		MgSO _{4(s)}	8,97
		MgCl _{2(s)}	11,99
		NaOH _(s)	19,25
		H ₂ O _(l)	54,01
JUMLAH	572727,28	JUMLAH	572727,28

Spesifikasi Produk :

Komponen	Berat (kg/hari)	% Berat
NaCl.2H ₂ O	542458,05	99,451
NaCl	484,47	0,089
Ca(OH) ₂	501,24	0,092
CaSO ₄ .2H ₂ O	126,50	0,023
MgSO ₄	179,35	0,033
MgCl ₂	239,88	0,044
NaOH	384,94	0,071
H ₂ O	1080,13	0,198
Total	545454,55	100

Berdasarkan standar, kadar Sodium Chloride (NaCl) pada garam industri = 98,5% (*Standar Nasional Indonesia*).

Maka, produk Sodium Chloride (NaCl) yang dihasilkan sesuai dengan standar.

APPENDIKS B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas Produk

$$= 180000 \text{ ton/tahun}$$

$$= 545,455 \text{ ton/hari}$$

$$= 545454,55 \text{ kg/hari}$$

Waktu Operasi

$$= 330 \text{ hari/tahun (24 jam/hari)}$$

Satuan Panas

$$= \text{kkal}$$

Basis Operasi

$$= 1 \text{ hari}$$

Data perhitungan cp:

(Perry 8^{ed}, Tab 2-194)

Komponen	Heat Capacity (kkal/kg K)
CaCO ₃ (c)	0,197
Ca(OH) ₂ (c)	0,289
CaSO ₄ .2H ₂ O (c)	0,272
H ₂ O (l)	1,000
KCl (c)	0,162
KOH	0,270
Mg(OH) ₂ (c)	0,312
MgCl ₂ (c)	0,194
MgSO ₄ (c)	0,222
Na ₂ CO ₃ (c)	0,273
Na ₂ SO ₄ (c)	0,231
NaBr (c)	0,127
NaCl (c)	0,206
NaCl (l)	0,272
NaOH	0,460
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	0,567

Data ΔH_f :

(Hougen)

Komponen	ΔH_f (kkal/mol)
CaCO ₃ (c)	-228,45
Ca(OH) ₂ (c)	-235,8
CaSO ₄ .2H ₂ O (c)	-342,42
H ₂ O (l)	-68,3174
KCl (c)	-103,175
KOH	-101,78
Mg(OH) ₂ (c)	-221
MgCl ₂ (c)	-153,4
MgSO ₄ (c)	-305,5
Na ₂ CO ₃ (c)	-270,3
Na ₂ SO ₄ (c)	-330,9
NaBr (c)	-86,03
NaCl (c)	-98,23
NaOH	-101,99

1. TANGKI PENGENCERAN (F-122)

Fungsi : Membuat larutan NaOH 48%

Kondisi Operasi : 30°C, 1 atm

Waktu proses : 1 jam (Keyes : 672)



Larutan NaOH yang dibutuhkan untuk reaksi di dalam reaktor
 $= 78567,74 \text{ kg/hari}$

NaOH padat yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH
 $= 48\% \times 78567,74 \text{ kg}$

$$= 37712,51 \text{ kg}$$

Air yang dibutuhkan untuk melarutkan NaOH

$$= 78567,74 - 37712,51 = 40855.22 \text{ kg}$$

Enthalpi masuk:

Komponen	Masuk (kg)	Suhu (K)	Cp (Kkal/kg K)	H (Kkal)
NaOH	37712,52	5,00	0,46	86738,78
H ₂ O	40855,22	5,00	1,00	204010,57
TOTAL				290749,35

$$Q_{in} = \Delta H_{pelarutan} \times M_{NaOH} + Q_{out}$$

$$M_{NaOH} \int_{298,15}^T C_p dT + M_{air} \int_{298,15}^T C_p dT =$$

$$\Delta H_{pelarutan} \times M_{NaOH} + M_{NaOH} \int_{298,15}^T C_p dT + M_{air} \int_{298,15}^T C_p dT$$

$$Q_{pelarutan} = \Delta H_{pelarutan} \times M_{NaOH}$$

$$Q_{pelarutan} = 10,18 \times 37712,52 \quad (\text{Perry, Tab 2-182})$$

$$Q_{pelarutan} = 383913,40 \text{ Kkal}$$

Entalpi keluar:

Komponen	Masuk (kg)	Cp (Kkal/kg.K)	Suhu (K)	H (Kkal)
NaOH	37712,52	0,46	11,59	201087,39
Air	40855,22	1,00	11,59	473575,36
TOTAL				674662,75

Neraca Energi F122:

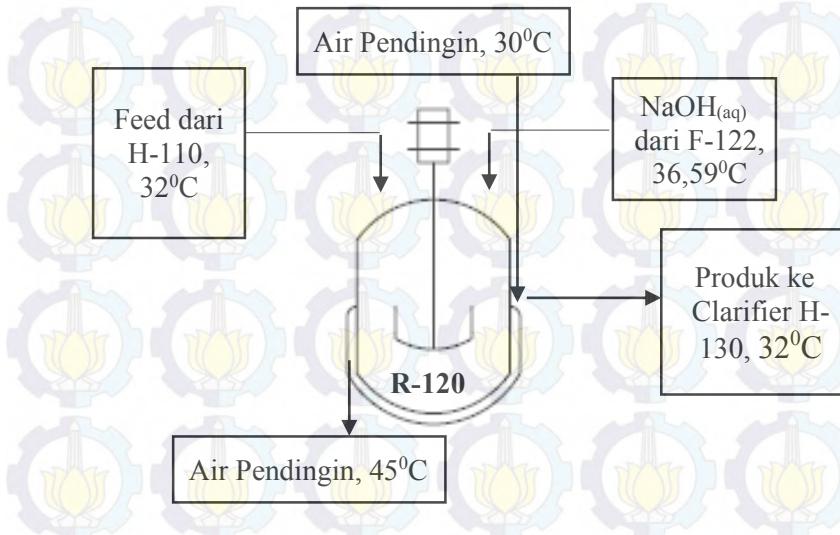
Masuk (Kkal)	Keluar (Kkal)
Qmasuk	290749,35
Qpengenceran	383913,40
Total	674662,75
	Total 674662,75

2. REAKTOR (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan komponen-komponen pengotor di dalam air laut dengan NaOH agar menghasilkan produk berupa suspensi padat.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinu
- Waktu Tinggal = 1 jam



Neraca energi total:

Entalpi bahan masuk + ΔH reaksi eksotermis = Entalpi keluar + Q serap

Entalpi Bahan masuk:

Komponen < 2>	Masuk (kg)	Suhu (K)	Cp (Kkal/kg K)	H (Kkal)
CaCO ₃	345,60	7,00	0,20	477,59
CaSO ₄ .2H ₂ O	25819,20	7,00	0,27	49136,57
NaCl	439200,00	7,00	0,27	836464,07
MgSO ₄	36604,80	7,00	0,22	56836,73
MgCl ₂	48960,00	7,00	0,19	66317,49
NaBr	1630,08	7,00	0,13	1449,35
KCl	1575,36	7,00	0,16	1782,52
H ₂ O	13831660,80	7,00	1,00	96821625,60
Flok	14,40	7,00	0,57	57,46
TOTAL	14385810,24			97834147,38

Entalpi total yang masuk :

$$97834147,38 + 674662,75 = 98508810,13 \text{ Kkal}$$

Panas Reaksi standar, 25°C:

Berdasarkan Himmelblau halaman 456:

$$\Delta H^{\circ}\text{R } 25^{\circ}\text{C} = [\sum \Delta H^{\circ}\text{F } 25^{\circ}\text{C produk}] - [\sum \Delta H^{\circ}\text{F } 25^{\circ}\text{C reaktan}]$$

Reaksi I (dalam kmol):



m	3,45	6,91		
r	3,11	6,22	3,11	3,11
s	0,35	0,69	3,11	3,11

H25:

Komponen	mol	ΔH_f (Kkal/mol)	H (Kkal)
CaCO ₃	345,32	-228,45	-78887,33
NaOH	690,57	-101,99	-70431,50
Hreaktan			-149318,83
Na ₂ CO ₃	3107,58	-270,30	-839978,03
Ca(OH) ₂	3107,58	-235,80	-732766,63
Hproduk			-1572744,67
Hreaksi (25) = Hproduk - Hreaktan			-1423425,84

Reaksi II (dalam kmol):

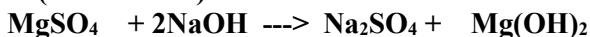


m	149,99	299,98			
r	134,99	269,98	134,99	134,99	269,98
s	15,00	30,00	134,99	134,99	269,98

H25:

Komponen	mol	ΔH_f (Kkal/mol)	H (Kkal)
CaSO _{4,2} H ₂ O	14999,00	-342,42	-5135956,13
NaOH	29997,90	-101,99	-3059485,77
Hreaktan			-8195441,89
Na ₂ SO ₄	134990,55	-330,90	-44668372,21
Ca(OH) ₂	134990,55	-235,80	-31830771,13
H ₂ O	269981,10	-68,32	-18444406,48
Hproduk			-94943549,82
Hreaksi (25) = Hproduk - Hreaktan			-86748107,93

Reaksi III (dalam kmol):



m	304,10	608,20		
r	273,69	547,38	273,69	273,69
s	30,41	60,82	273,69	273,69

H25:

Komponen	mol	ΔH_f (Kkal/mol)	H (Kkal)
MgSO ₄	30410,19	-305,50	-9290313,21
NaOH	60820,48	-101,99	-6203080,77
Hreaktan			-15493393,98
Na ₂ SO ₄	273692,16	-330,90	-90564735,92
Mg(OH) ₂	273692,16	-221,00	-60485967,48
Hproduk			-151050703,40
Hreaksi (25) = Hproduk - Hreaktan			-135557309,42

Reaksi IV (dalam kmol):



m	514,23	1028,46		
r	462,81	925,62	925,62	462,81
s	51,42	102,85	925,62	462,81

H25:

Komponen	mol	ΔH_f (Kkal/mol)	H (Kkal)
MgCl ₂	51423,18	-153,40	-7888316,38
NaOH	102846,34	-101,99	-10489297,87
Hreaktan			-18377614,25

NaCl	925617,03	-98,23	-90923360,78
Mg(OH) ₂	462808,51	-221,00	-102280681,73
Hproduk			-193204042,52
Hreaksi (25) = Hproduk - Hreaktan			-174826428,27

Reaksi V (dalam kmol):

KCl	+	NaOH	----->	NaCl +	KOH
m	21,13		21,13		
r	19,02		19,02	19,02	19,02
s	2,11		2,11	19,02	19,02

H25:

Komponen	mol	ΔH_f (Kkal/mol)	H (Kkal)
KCl	2113,21	-103,18	-218030,44
NaOH	2113,15	-101,99	-215520,50
Hreaktan			-433550,94
NaCl	19018,38	-98,23	-1868175,43
KOH	19018,38	-101,78	-1935690,68
Hproduk			-3803866,10
Hreaksi (25) = Hproduk - Hreaktan			-3370315,16

Total ΔH^oR = -401925586,62 Kkal

ΔH^oR = negatif (-), maka reaksi berjalan secara eksotermis, maka dibutuhkan media pendingin untuk menyerap panas.
(media pendingin = air pendingin)

Entalpi bahan keluar pada suhu 32°C :

Komponen	(kg)	Cp(Kkal/kg K)	Suhu (K)	H (Kkal)
CaCO ₃	34,56	0,20	7,00	47,76
Na ₂ CO ₃	329,37	0,27	7,00	628,67
Ca(OH) ₂	10230,31	0,29	7,00	20687,11
CaSO _{4,2} H ₂ O	2581,92	0,27	7,00	4913,66
Na ₂ SO ₄	58049,29	0,23	7,00	93833,55
H ₂ O	13836520,46	1,00	7,00	96855643,23
MgSO ₄	3660,48	0,22	7,00	5683,67
Mg(OH) ₂	42945,35	0,31	7,00	93830,18
MgCl ₂	4896,00	0,19	7,00	6631,75
NaCl	494404,50	0,27	7,00	941602,00
KCl	157,54	0,16	7,00	178,25
KOH	1066,93	0,27	7,00	2016,51
NaBr	1630,08	0,13	7,00	1449,35
Flok	14,40	0,57	7,00	57,46
TOTAL	14456521,20			98027203,14

Entalpi larutan NaOH yang tidak bereaksi:

Komponen	massa (kg)	Cp(Kkal/ kg K)	Suhu (K)	H (Kkal)
NaOH	3771,25	0,46	7,00	12143,43
Air	4085,52	1,00	7,00	28598,66
Jumlah	7856,77			40742,09

Entalpi total yang keluar = 98027203,14 + 40742,09

$$= 98067945,23 \text{ kkal}$$

Neraca energi total:

Entalpi bahan masuk + ΔH reaksi eksotermis = Entalpi keluar + Q serap

$$70556142,09 + 401925586,62 = 98067936,37 + Q \text{ serap}$$

$$Q \text{ serap} = 402366451,52 \text{ Kkal}$$

Kebutuhan Air Pendingin:

Suhu air pendingin masuk = 30°C (Ulrich: 427)

Suhu air pendingin keluar = 45°C (Ulrich: 427)

$$Q \text{ serap} = (m \cdot C_p \cdot \Delta T)$$

massa air pendingin =

$$Q_{\text{serap}} / (C_p \cdot \Delta T) = 402366451,52 / (1 \times (45 - 30)) = 26824430,10 \text{ kkal}$$

Neraca Energi R-120:

Komponen Masuk	(Kkal)	Komponen Keluar	(Kkal)
NaOH	201087,39	CaCO ₃	47,76
H ₂ O	473575,36	NaOH	40742,09
Jumlah	674662,75	Na ₂ CO ₃	628,67
		Ca(OH) ₂	20687,11
CaCO ₃	477,59	CaSO _{4,2} H ₂ O	4913,66
CaSO _{4,2} H ₂ O	49136,57	Na ₂ SO ₄	93833,55
NaCl	836464,07	H ₂ O	96855643,23

MgSO ₄	56836,73	MgSO ₄	5683,67
MgCl ₂	66317,49	Mg(OH) ₂	93830,18
NaBr	1449,35	MgCl ₂	6631,75
KCl	1782,52	NaCl	941602,00
H ₂ O	96821625,60	KCl	178,25
Flok	57,46	KOH	2016,51
		NaBr	1449,35
Jumlah	97834147,38	Flok	57,46
ΔH Reaksi	-401925586,62	Jumlah	98067945,23
		Q serap	402366451,52
TOTAL	500434396,75	TOTAL	500434396,75

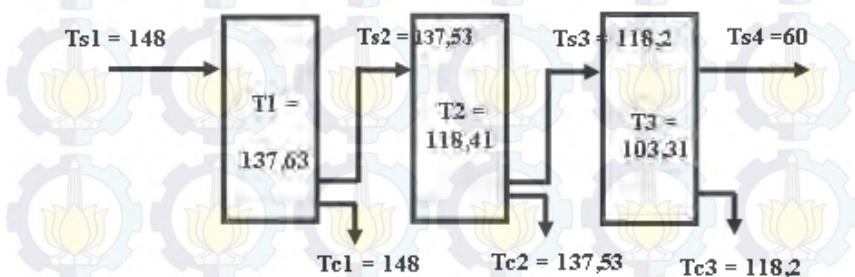
3. EVAPORATOR (V-210)

Fungsi : Memekatkan NaCl dengan cara penguapan vacum

Tekanan Operasi : 4,5 atm (*Ulrich*)

Suhu Operasi : Berdasarkan perhitungan multi efek

Waktu proses : Kontinyu



Berdasarkan perhitungan neraca massa pada Appendix A, didapatkan:

Neraca Massa tiap Effect

NERACA MASSA EFFECT I			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
ALIRAN 10		Ke Effect II	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	13559790,05	H ₂ O _(l)	9137983,35
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41
NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	14072947,44	JUMLAH	14072947,44

NERACA MASSA EFFECT II			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect I		Ke Effect III	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	9137983,35	H ₂ O _(l)	4716176,66
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08

NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41
NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	9651140,74	JUMLAH	9651140,74

NERACA MASSA EFFECT III			
Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Dari Effect II		ALIRAN 11	
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28
H ₂ O _(l)	4716176,66	H ₂ O _(l)	294369,96
MgSO _{4(aq)}	3587,27	MgSO _{4(aq)}	3587,27
MgCl _{2(aq)}	4798,08	MgCl _{2(aq)}	4798,08
NaCl _(aq)	484516,41	NaCl _(aq)	484516,41
NaOH _(aq)	7699,64	NaOH _(aq)	7699,64
		Uap Air (H ₂ O)	4421806,70
JUMLAH	5229334,04	JUMLAH	5229334,04

Neraca Energi Total:

$$\Delta H \text{ Feed} + Q \text{ Steam} = \Delta H \text{ Produk} + Q \text{ Loss}$$

Perhitungan Boiling Point Rise (BPR) dan Temperature tiap Effect: (Geankoplis 4ed : 544)

$$BPR^0C = 1.78x + 6.22x^2$$

$$X_1 = 0,0502$$

$$X_2 = 0,0927$$

$$X_3 = 0,6000$$

Sehingga, diperoleh BPR⁰C tiap Effect:

$$BPR_1 = 1.78(0.0502) + 6.22(0.0502)^2 = 0,11 \text{ } ^\circ C \quad 273,260 \text{ } ^\circ K$$

$$BPR_2 = 1.78(0.0927) + 6.22(0.0927)^2 = 0,22 \text{ } ^\circ C \quad 273,370 \text{ } ^\circ K$$

$$BPR_3 = 1.78(0.6000) + 6.22(0.6000)^2 = 3,31 \text{ } ^\circ C \quad 276,460 \text{ } ^\circ K$$

Kondisi Vacuum pada Effect 3 (Ulrich : 426):

$$\text{Tekanan Vacuum} = 26 \text{ in} = 1.9925 \text{ psi}$$

$$\text{Suhu Saturated Steam, } T_{3sat} = 60 \text{ } ^\circ C$$

$$\text{Suhu Steam Masuk, } T_{s1} = 148 \text{ } ^\circ C$$

$$\text{Tekanan Steam Masuk} = 4.5 \text{ atm} = 66.15 \text{ psi}$$

$$\sum \Delta T = T_{s1} - T_{3sat} - (BPR_1 + BPR_2 + BPR_3)$$

$$= 148 - 60 - (0.11 + 0.22 + 3.31)$$

$$= 84,37 \text{ } ^\circ C$$

$$= 357,52 \text{ } ^\circ K$$

$$\Delta T = \frac{\sum \Delta T \times \frac{1}{U_i}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}}$$

Asumsi Koefisien Overall Evaporasi :

$$U_1 = 46 \text{ Btu/hr.ft}^2.{}^0\text{F} = 494 \text{ kkal/hr.m}^2.{}^0\text{C}$$

$$U_2 = 25 \text{ Btu/hr.ft}^2.{}^0\text{F} = 268 \text{ kkal/hr.m}^2.{}^0\text{C}$$

$$U_3 = 32 \text{ Btu/hr.ft}^2.{}^0\text{F} = 344 \text{ kkal/hr.m}^2.{}^0\text{C}$$

$$\Delta T_1 = \frac{\sum \Delta T \times \frac{1}{U_1}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}} = \frac{84,37 \times \frac{1}{494}}{\frac{1}{494} + \frac{1}{268} + \frac{1}{344}} = 19,72 {}^0\text{C} = 292,87 {}^0\text{K}$$

$$\Delta T_2 = \frac{\sum \Delta T \times \frac{1}{U_2}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}} = \frac{84,37 \times \frac{1}{268}}{\frac{1}{494} + \frac{1}{268} + \frac{1}{344}} = 36,34 {}^0\text{C} = 309,49 {}^0\text{K}$$

$$\Delta T_3 = \frac{\sum \Delta T \times \frac{1}{U_3}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}} = \frac{84,37 \times \frac{1}{344}}{\frac{1}{494} + \frac{1}{268} + \frac{1}{344}} = 28,31 {}^0\text{C} = 301,46 {}^0\text{K}$$

Perhitungan Actual Boiling Point pada tiap Effect :

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{s1} - \Delta T_1 \\ &= 148 - 19,37 \\ &= 128,28 {}^0\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 - BPR_1 - \Delta T_2 = 137,63 - 0,11 - 36,34 \\ &= 91,84 {}^0\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s2} &= T_1 - BPR_1 = 128,28 - 0,11 \\ &= 128,18 {}^0\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_3 &= T_2 - BPR_2 - \Delta T_3 = 91,84 - 0,22 - 28,31 \\ &= 63,31 {}^0\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s3} &= T_2 - BPR_2 = 91,84 - 0,22 \\ &= 91,62 {}^0\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_4 &= T_3 - BPR_3 = 63,31 - 3,31 \\ &= 60 {}^0\text{C} \end{aligned}$$

Sehingga, didapat temperature pada tiap effect :

Diagram Suhu :

Effect 1

$$Ts_1 = 148$$

$$T_1 = 128,28$$

Effect 2

$$Ts_2 = 128,18$$

$$T_2 = 91,84$$

Effect 3

$$Ts_3 = 91,62$$

$$T_3 = 63,31$$

Condensor

$$Ts_4 = 60$$

Perhitungan Specific Heat (Cp) :

Cp,Feed (Effect 1)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
Ca(OH) _{2(aq)}	0,289	0,0007	0,00021
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	0,272	0,0002	0,00005
H ₂ O _(l)	1	0,9635	0,96354
MgSO _{4(aq)}	0,222	0,0003	0,00006
MgCl _{2(aq)}	0,193	0,0003	0,00007
NaCl _(aq)	0,206	0,0344	0,00708
NaOH _(aq)	0,460	0,0005	0,00025
Total	1,00		0,97125

Cp,L1 (Effect 1)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.0C
Ca(OH) _{2(aq)}	0,289	0,0010	0,00030
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	0,272	0,0003	0,00007

$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1	0,9468	0,94683
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	0,222	0,0004	0,00008
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	0,193	0,0005	0,00010
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	0,206	0,0502	0,01033
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	0,460	0,0008	0,00037
Total	1,00		0,95807

Cp,L2 (Effect 2)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg. $^{\circ}\text{C}$
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$	0,289	0,0019	0,0006
$\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}}$	0,272	0,0005	0,0001
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1,000	0,9019	0,9019
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	0,222	0,0007	0,0002
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	0,193	0,0009	0,0002
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	0,206	0,0927	0,0191
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	0,460	0,0015	0,0007
Total	1,00		0,9226

Cp,L3 (Effect 3)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg. $^{\circ}\text{C}$
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$	0,289	0,0124	0,0036
$\text{CaSO}_{4.2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}}$	0,272	0,0031	0,0009

$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1,000	0,3645	0,3645
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	0,222	0,0044	0,0010
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	0,193	0,0059	0,0011
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	0,206	0,6000	0,1234
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	0,460	0,0095	0,0044
Total		1,00	0,4989

Data Steam :

Suhu Steam	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta H_{\text{sat.liquid}}$ (kJ/kg)	$\Delta H_{\text{evaporation}}$ (kJ/kg)	$\Delta H_{\text{sat.vapor}}$ (kJ/kg)
Ts1	148	627,886	2117,374	2745,260
Ts2	128,18	538,550	2179,402	2717,952
Ts3	91,62	383,737	2278,955	2662,692
Ts4	60	251,130	2358,470	2609,600

(Geankoplis A.2-9 Properties of Saturated Steam and Water (Steam Table))

Perhitungan pada Effect 1:

$$\begin{array}{lll} T_1 = & 128,28 & T_2 = \\ \text{BPR1} = & 0,11 & T_1 = \end{array} \quad \begin{array}{ll} & 128,18 \\ & 148 \end{array}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= H_2(\text{saturation enthalpy at } T_2) + 1.884 (\text{BPR1}) \\ &= 2117,952 + 1,884 (0,11) \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll} & 2718,15 \text{ kJ/kg} \\ & 649,22 \text{ kkal/kg} \end{array}$$

$$\lambda s_1 = H_{s1}(\text{vapor saturation enthalpy}) - h_{s1}(\text{liquid enthalpy at } T_{s1}) \\ = 2745,260 - 627,886$$

$$2117,37 \quad \text{kJ/kg} \\ 505,73 \quad \text{kkal/kg}$$

Perhitungan pada Effect 2:

$$T_2 = 91,84 \\ BPR_2 = 0,22$$

$$T_{s3} = 91,62$$

$$H_2 = H_{s3}(\text{saturation enthalpy at } T_{s3}) + 1.884 \text{ (BPR2)} \\ = 2278,955 + 1,884 (0,22)$$

$$2663,10 \quad \text{kJ/kg} \\ 636,07 \quad \text{kkal/kg}$$

$$\lambda s_2 = H_1 - h_{s2}(\text{liquid enthalpy at } T_{s2}) \\ = 2718,15 - 538,550$$

$$2179,60 \quad \text{kJ/kg} \\ 520,59 \quad \text{kkal/kg}$$

Perhitungan pada Effect 3:

$$T_3 = 63,31 \\ BPR_3 = 3,31$$

$$T_{s4} = 60,00$$

$$H_3 = H_{s4}(\text{saturation enthalpy at } T_{s4}) + 1.884 \text{ (BPR3)} \\ = 2609,600 + 1,884 (3,31)$$

$$2615,83 \quad \text{kJ/kg} \\ 624,78 \quad \text{kkal/kg}$$

$$\lambda s_3 = H_2 - hs_3(\text{liquid enthalpy at } T_{s3})$$

$$= 2663,10 - 383,737$$

$$2279,37 \text{ kJ/kg}$$

$$544,42 \text{ kkal/kg}$$

Perhitungan Neraca Energi tiap Effect :

Neraca Energi Evaporator 1

$$V1 = F - L1$$

$$F + S = L1 + V1$$

$$(F.Cp.\Delta T) + (S.\lambda s1) = (L1.Cp.\Delta T) + (V1.H1)$$

$$F = 14072947,44 \text{ kg/hari}$$

$$Cp,F = 0,97 \text{ Kkal/kg.}^{\circ}\text{C}$$

$$TF = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda s1 = 505,73 \text{ kkal/kg}$$

$$L1 = 9651140,74 \text{ kg/hari}$$

$$Cp,L1 = 0,96 \text{ kkal/kg.}^{\circ}\text{C}$$

$$TL1 = 128,28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V1 = 4421806,70 \text{ kg/hari}$$

$$H1 = 649,22 \text{ kkal/kg}$$

$$F.Cp(TF-25) + S.\lambda s1 = L1.Cp(TL1-25) + V1.H1$$

$$((14072947,44)x(0,97)x(32-25)) + (Sx505,73) =$$

$$(9651140,74)x(0,96)x(128,28-25) + (4421806,70x649,22)$$

$$95678100,11 + S.505,73 = 3825739462,29$$

$$+ S.505,73 = 3730061362,19$$

$$S = 7375655,37 \text{ kg/hari}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/ kg.0C)	ΔT (0C)	Q (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,289	7	20273,37
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,272	7	4815,38
H ₂ O _(l)	13559790,05	1	7	94918530,36
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,222	7	5570,00
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,193	7	6492,46
NaCl _(aq)	484516,41	0,206	7	697625,69
NaOH _(aq)	7699,64	0,460	7	24792,83
Jumlah	14072947,44			95678100,11
		$\lambda s1$ (kkal/kg)		
Steam (S)	7375655,37	505,73		3730061362,19
Jumlah	7375655,37			3730061362,19
Total				3825739462,29

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/ kg.0C)	ΔT (0C)	Q (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,289	103,28	299131,87
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,272	103,28	71050,60
H ₂ O _(l)	9137983,35	1	103,28	943811380,77
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,222	103,28	82184,89

MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,193	103,28	95795,78
NaCl _(aq)	484516,41	0,206	103,28	10293410,07
NaOH _(aq)	7699,64	0,460	103,28	365816,25
Jumlah	9651140,74			955018770,23
		H1 (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	4421806,70	649,22		2870720692,07
Jumlah	4421806,70			2870720692,07
	Total			3825739462,29

Neraca Energi Evaporator 2

L1 =	9651140,74	kg/hari
Cp,L1 =	0,96	kkal/kg °C
TL1 =	128,28	°C
V1 =	4421806,70	kg/hari
L2 =	5229334,04	kkal/kg °C
Cp,L2 =	0,92	°C
TL2 =	91,84	kg/hari
H2 =	636,07	kkal/kg
λs2 =	520,59	kkal/kg

$$L1 \cdot Cp1 (T1 - 25) + V1 \cdot \lambda s2 = L2 \cdot Cp2 (T2 - 25) + V2 \cdot H2$$

$$\begin{aligned}
 955018770,23 + 2301941673,08 &= 322472399,28 + V2(636,07) \\
 3256960443,30 &= 322472399,28 + V2(636,07) \\
 V2(636,07) &= 2934488044,03 \\
 V2 &= 4613457,72 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/ kg. $^{\circ}$ C)	ΔT ($^{\circ}$ C)	Q (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,289	103,28	299131,87
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,272	103,28	71050,60
H ₂ O _(l)	9137983,35	1,000	103,28	943811380,77
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,222	103,28	82184,89
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,193	103,28	95795,78
NaCl _(aq)	484516,41	0,206	103,28	10293410,07
NaOH _(aq)	7699,64	0,460	103,28	365816,25
Jumlah	9651140,74			955018770,23
		λs_2 (kkal/kg)		
Uap H ₂ O 1	4421806,70	520,59		2301941673,08
Jumlah	4421806,70			2301941673,08
		Total		3256960443,30

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/ kg. $^{\circ}$ C)	ΔT ($^{\circ}$ C)	Q (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,289	66,84	193575,90
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,272	66,84	45978,66
H ₂ O _(l)	4716176,66	1,000	66,84	315219810,46
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,222	66,84	53183,95

$\text{MgCl}_{(\text{aq})}$	4798,08	0,193	66,84	61991,90
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	484516,41	0,206	66,84	6661129,34
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	7699,64	0,460	66,84	236729,06
Jumlah	5229334,04			322472399,28
		$H_2 \text{ (kkal/kg)}$		
Uap H_2O	4613457,72	636,07	2934488044,03	
Jumlah	4613457,72			2934488044,03
	Total			3256960443,30

Neraca Energi Evaporator 3

$L_2 =$	5229334,04	kg/hari
$C_p, L_2 =$	0,92	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$
$T_{L2} =$	91,84	$^{\circ}\text{C}$
$V_2 =$	4613457,72	kg/hari
$L_3 =$	807527,35	kg/hari
$C_p, L_3 =$	0,50	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$
$T_{L3} =$	63,31	$^{\circ}\text{C}$
$H_3 =$	624,78	kkal/kg
$\lambda s_3 =$	544,42	kkal/kg

$$L_2 \cdot C_p 2 \times (T_2 - 25) + V_2 \cdot \lambda s_3 = L_3 \cdot C_p 3 \times (T_3 - 25) + V_3 \cdot H_3$$

$$\begin{aligned}
 322472399,28 &+ 2511646154,19 = 15433201,83 &+ V_2(624,78) \\
 &2834118553,46 = 15433201,83 &+ V_2(624,78) \\
 &V_2(624,78) = 2818685351,63 \\
 &V_3 = 4511481,40 &\text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Neraca masuk:

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/ kg. [°] C)	ΔT ([°] C)	Q (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,289	66,84	193575,90
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,272	66,84	45978,66
H ₂ O _(l)	4716176,66	1,000	66,84	315219810,46
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,222	66,84	53183,95
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,193	66,84	61991,90
NaCl _(aq)	484516,41	0,206	66,84	6661129,34
NaOH _(aq)	7699,64	0,460	66,84	236729,06
Jumlah	5229334,04			322472399,28
		λs3 (kkal/kg)		
Uap H ₂ O 2	4613457,72	544,42		2511646154,19
Jumlah	4613457,72			2511646154,19
Total				2834118553,46

Neraca Keluar:

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/ kg. [°] C)	ΔT ([°] C)	Q (kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,289	38,31	110945,13
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,272	38,31	26351,98
H ₂ O _(l)	294369,96	1,000	38,31	11276488,96

MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,222	38,31	30481,58
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,193	38,31	35529,73
NaCl _(aq)	484516,41	0,206	38,31	3817726,71
NaOH _(aq)	7699,64	0,460	38,31	135677,72
Jumlah	807527,35			15433201,83
		H3 (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	4511481,40	624,78		2818685351,63
Jumlah	4511481,40			2818685351,63
	Total			2834118553,46

$$\text{Steam Economy} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{S}$$

$$= 1,84$$

4. BAROMETRIC CONDENSOR (E-211)

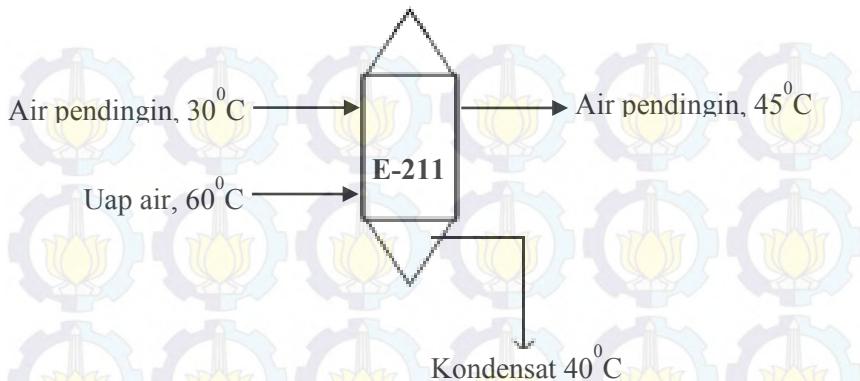
Fungsi : Mengondensasi sebagian uap air dan menjaga tekanan evaporator

Kondisi Operasi:

-Tekanan Operasi : Vacuum

-Suhu Operasi : 32 °C

-Waktu Operasi : Kontinyu



Neraca energi total:

$$\text{Entalpi bahan masuk} = \text{entalpi bahan keluar} + Q_{\text{serap}}$$

Entalpi bahan masuk:

Entalpi uap air dari (efek 3) pada suhu 60°C

$$H = m \cdot C_p \cdot \Delta T + m \cdot \lambda \quad (\text{terjadi perubahan fase})$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = 4511481,40 \text{ kg}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1,0076 \text{ kkal/kg.}^{\circ}\text{C} \quad (\text{Geankoplis, A.2-5})$$

$$\lambda \text{ H}_2\text{O} = 540,50 \text{ kkal/kg} \quad (\text{Geankoplis, A.2-9})$$

$$\begin{aligned} H \text{ H}_2\text{O} &= (4511481,4 \times 1,0076 \times (60 - 25)) + (4511481,4 \times 540,5) \\ &= 163613924,95 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Entalpi bahan keluar:

$$H = m \cdot C_p \cdot \Delta T + m \cdot \lambda \quad (\text{terjadi perubahan fase})$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Entalpi bahan masuk} & = & \text{Entalpi bahan keluar} + Q \text{ serap} \\ 163613924,95 & = & 72184242,90 + Q_{\text{serap}} \\ Q \text{ serap} & = & 91429682,05 \text{ kkal} \end{array}$$

Kebutuhan air pendingin:

Suhu air pendingin masuk = 30°C (Ulrich: 427)

Suhu air pendingin keluar = 45°C (Ulrich: 427)

C_p air pendingin = 1 kkal/kg $^{\circ}\text{C}$ (*Perry 6ed, fig 3-11*)

$$Q \text{ serap} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m \text{ air pendingin} = Q_{\text{serap}} / (C_p \cdot \Delta T) = 6095312,14 \text{ kg}$$

Neraca Energi:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
H ₂ O (uap air)	163613924,95	H ₂ O (kondensat)	72184242,90
		Q serap	91429682,05
TOTAL	163613924,95	TOTAL	163613924,95

5. KRISTALIZER (X-220)

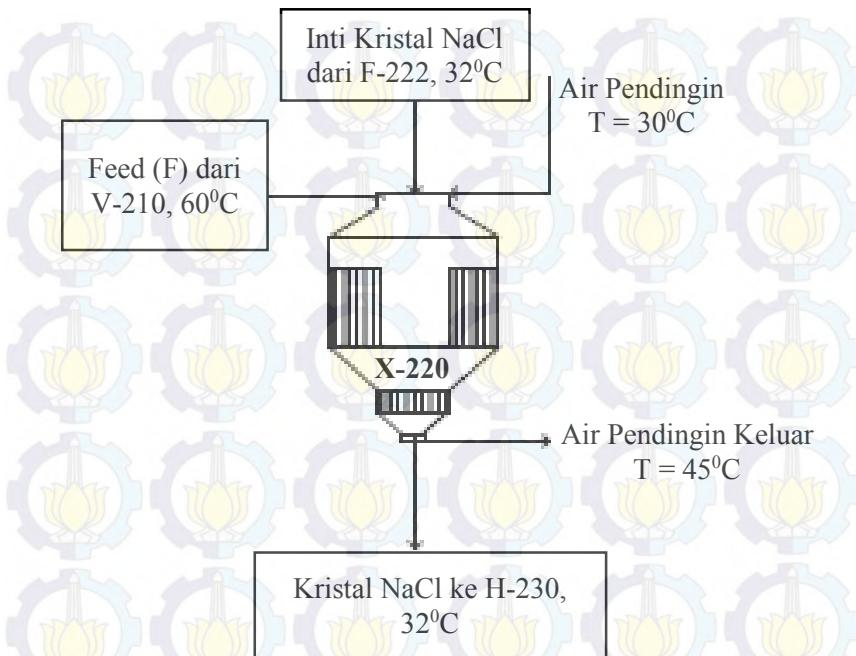
Fungsi : Mengkristalkan larutan NaCl

Kondisi Operasi:

Tekanan Operasi = 1 atm

Suhu Operasi = 32°C (suhu kamar)

Sistem kerja = kontinyu



Neraca Energi Total:

$$\text{Entalpi bahan masuk} + Q_{\text{Crystallization}} = \text{Entalpi bahan keluar} + Q_{\text{serap}}$$

Entalpi bahan masuk (pada suhu 60°C):

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.C)	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$\Delta H (\text{Kkal})$
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,20	35,00	69273,39
CaSO ₄ .2H ₂ O _(aq)	2530,28	0,29	35,00	25582,90
H ₂ O _(l)	294369,96	1,00	35,00	10302948,63

MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,22	35,00	27850,00
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,19	35,00	32495,57
NaCl _(aq)	484516,41	0,27	35,00	4613849,78
NaCl.2H ₂ O(s)	80,75	0,21	7,00	116,47
NaOH _(aq)	7699,64	0,46	35,00	123964,17
Total	807608,10			15196080,90

Entalpi bahan keluar (pada suhu 32°C):

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.C)	ΔT (°C)	ΔH (Kkal)
Ca(OH) _{2(aq)}	10025,71	0,20	7,00	13854,68
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	2530,28	0,29	7,00	5116,58
H ₂ O _(l)	226764,50	1,00	7,00	1587351,48
MgSO _{4(aq)}	3587,27	0,22	7,00	5570,00
MgCl _{2(aq)}	4798,08	0,19	7,00	6499,11
NaCl _(aq)	542512,30	0,21	7,00	782495,08
NaCl.2H ₂ O(s)	9690,33	0,27	7,00	18455,40
NaOH _(aq)	7699,64	0,46	7,00	24792,83
Total	807608,10			2444135,16

Panas Kristalisasi, Q crystallization:

$$Q \text{ crystallization} = \Delta H_s \times \text{mol kristal}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_s \text{ NaCl} &= 0,93 \text{ kkal/mol} && (\text{Parker, 1965}) \\ \text{mol kristal} &= 5744,52 \text{ kmol} &=& 5744518,18 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{crystallization}} = 5324777,72 \text{ kkal}$$

Neraca Energi Total:

$$\text{Entalpi bahan masuk} + Q_{\text{crystallization}} = \text{Entalpi bahan keluar} + Q_{\text{serap}}$$

$$15196080,90 + 5324777,72 = 2444135,16 + Q_{\text{serap}}$$

$$Q_{\text{serap}} = 18076723,46 \text{ kkal/jam}$$

Kebutuhan air pendingin:

Suhu air pendingin masuk = 30°C (*Ulrich: 427*)

Suhu air pendingin keluar = 45°C (*Ulrich: 427*)

C_p air pendingin = 1 kkal/kg $^{\circ}\text{C}$ (*Perry 6ed, fig 3-11*)

$$Q_{\text{serap}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

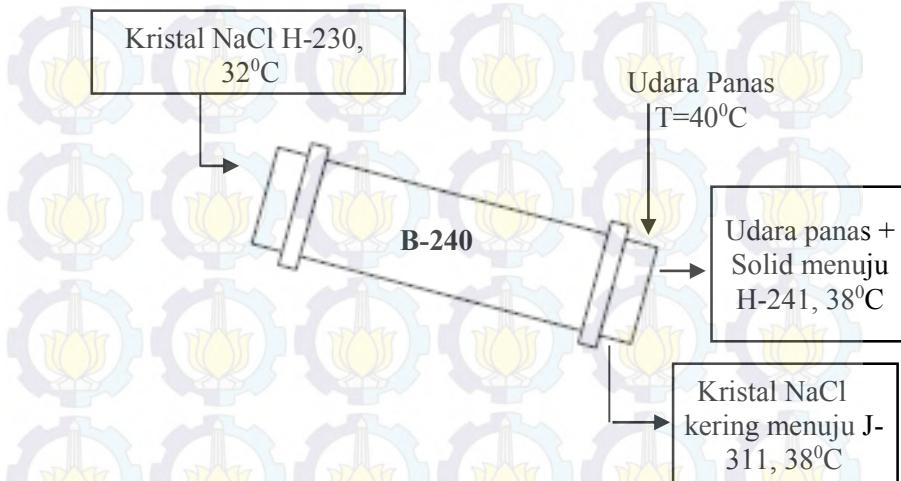
$$m \text{ air pendingin} = Q_{\text{serap}} / (C_p \cdot \Delta T) = 1205114,90 \text{ kg/jam}$$

Neraca Energi:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
$\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$	69273,39	$\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$	13854,68
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	25582,90	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$	5116,58
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	10302948,63	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1587351,48
$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	27850,00	$\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$	5570,00
$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	32495,57	$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	6499,11
$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	4613849,78	$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	782495,08
$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O(s)}$	116,47	$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O(s)}$	18455,40

$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	123964,17	$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	24792,83
$Q_{\text{crystallization}}$	5324777,72	Q_{serap}	18076723,46
TOTAL	20520858,62	TOTAL	20520858,62

6. ROTARY DRYER (B-240)



Dasar perhitungan :

1. Panas hilang (Q_{loss}) = 5 % dari panas masuk
2. Udara panas masuk pada suhu 40 C dan relative humidity 40%

$$TG_2 = 40^{\circ}\text{C}$$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk (H_2) = 0,0225 kg H₂O/kg udara kering
(figure 9.3-2 Geankoplis)

3. Untuk Rotary Dyer , harga Nt berkisar antara 1,5 sampai 2,5 (*Mc-Cabe*).

$$Nt = 2$$

4. Dari humidity chart untuk TG2 40°C dengan $H_2 = \text{kg H}_2\text{O/kg udara kering}$,

maka diperoleh : $T_w = 26^{\circ}\text{C}$

$$Nt = \frac{\ln (TG_2 - Tw)}{(TG_1 - Tw)}$$

$$2 = \frac{\ln (40 - 26)}{(TG_1 - 26)}$$

$$TG_1 = 27,315^{\circ}\text{C}$$

$$5. \text{ Rate solid masuk (Ls)} = 544428,86 \text{ kg}$$

$$6. \text{ Suhu masuk solid (T}_{s1} \text{)} = 32^{\circ}\text{C}$$

$$7. \text{ Suhu solid keluar (T}_{s2} \text{)} = 38^{\circ}\text{C}$$

$$8. \text{ Kapasitas panas solid Cps} = 0,26 \text{ kkal/kg.}^{\circ}\text{K}$$

$$9. \text{ Kapasitas udara Cpa} = 0,24 \text{ kkal/kg.}^{\circ}\text{K}$$

$$10. \text{ Suhu referen (T}_0 \text{)} = 25$$

$$11. \text{ Panas latent} = 653,1 \text{ kJ/kg}$$

Massa H_2O

$$X_1 = \frac{\text{Massa feed kering}}{226764,50} = \frac{226764,50}{544428,86} = 0,42 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

12. Kadar air dalam Produk Keluar : 1%

$$X_2 = 0,01$$

Neraca massa komponen air:

$$\begin{aligned} G \cdot H_2 + L_s \cdot X_1 &= G \cdot H_1 + L_s \cdot X_2 \\ 0,0225 G + 226764,49 &= G \cdot H_1 + 5444,28 \\ G \cdot H_1 - 0,0225 G &= 221320,20 \quad \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

Entalpi udara panas masuk:

$$\begin{aligned} H'G_2 &= Cs (TG_2 - T_0) - H_2 \cdot \Lambda \\ H'G_2 &= (0,24 + H_2 \cdot 0,26) (TG_2 - T_0) + (0,0225 \times 653,1) \\ H'G_2 &= 18,38 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Entalpi udara keluar:

$$\begin{aligned} H'G_1 &= Cs (TG_1 - T_0) + H_1 \cdot \Lambda \\ H'G_1 &= (0,24 + H_1 \cdot 0,26) (TG_1 - T_0) + (H_1 \times 653,1) \\ H'G_1 &= (0,24 + 0,26 H_1) 2,315 + 653,1 H_1 \\ H'G_1 &= 0,55 + 653,7 H_1 \quad \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar:

$$\begin{aligned} H's_2 &= C_{ps} (Ts_2 - T_0) + X_2 \cdot C_{pa} (Ts_2 - T_0) \\ H's_2 &= (0,26 (38 - 25)) + (0,01 \times 0,24 (38 - 25)) \\ H's_2 &= 3,41 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk:

$$\begin{aligned} H's_{21} &= C_{ps} (Ts_1 - T_0) + X_1 \cdot C_{pa} (Ts_1 - T_0) \\ H's_{21} &= 0,26 \cdot (32 - 25) + 0,42 \cdot 0,24 (32 - 25) \\ H's_{21} &= 2,52 \text{ kkal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer

$$\begin{aligned} G \cdot H'G_2 + L_s \cdot H's_1 &= G \cdot H'G_1 + L_s \cdot H's_2 + Q_{loss} \\ 18,38 G + 1371824,88 &= G \cdot H'G_1 + 1857155,73 + \\ &\quad 5\% (18,38 G + 1371824,88) \\ 17,441 G - G \cdot H'G_1 &= 553922,094 \quad \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

Subtitusi persamaan (2) dan (3)

$$17,441 G - G \cdot H'G_1 = 553922,094$$

$$16,891 G - 653,7 GH_1 = 553922,094 \quad \dots\dots\dots(4)$$

Eliminasi persamaan (4) dan (1)

$$G \cdot H1 - 0,0225 G = 221320,20$$

$$16,891 G - 653,7 GH1 = 553922,094$$

$$\left| \begin{array}{l} x \quad 653,7 \\ x \quad 1 \end{array} \right.$$

$$653,7 GH1 - 14,70 G = 144677014,74$$

$$\underline{-653,7 GH1 + 16,891 G = 553922,09}$$

$$= 145230936,83$$

$$G = 66285229,04 \text{ kg udara panas/hari}$$

$$GH1 = 1712737,8535$$

$$H1 = 0,026 \text{ kg H}_2\text{O/hari}$$

$$H'G1 = 17,45$$

Entalpi masuk

$$\text{Entalpi bahan} = Ls \cdot H's1$$

$$= 1371824,88 \text{ Kkal}$$

$$\text{Entalpi udara} = G \cdot H'G2$$

$$= 1218488222,89 \text{ Kkal}$$

Entalpi keluar

$$\text{Entalpi bahan} = Ls \cdot H's2$$

$$= 1857155,73$$

$$\text{Entalpi udara} = G \cdot H'G1$$

$$= 1156634601,84$$

$$Qloss = 5\% Qmausk$$

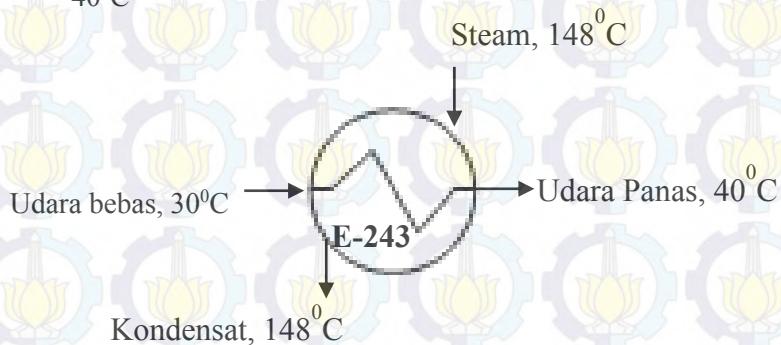
$$= 61368290,20 \text{ Kkal}$$

Neraca Energi:

Masuk (Kkal)		Keluar (Kkal)	
Qbahan	1371824,88	Qbahan	1857155,73
Qudara	1218488222,89	Qudara	1156634601,84
		Qloss	61368290,20
TOTAL	1219860047,77	TOTAL	1219860047,77

7. HEATER (E-243)

Fungsi : Memanaskan udara menjadi udara panas pada suhu 40°C

**Neraca energi total:**

$$H \text{ bahan masuk} + Q_{\text{supply}} = H \text{ bahan keluar} + Q_{\text{loss}}$$

Entalpi masuk:

Entalpi udara bebas pada suhu 30°C ($H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$)

$$\text{Kebutuhan udara pada dryer} = 66285229,04 \text{ kg}$$

Entalpi udara masuk:

$$C_p \text{ udara}, 30^\circ\text{C} = 0,24 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$H \text{ udara} = 79542274,85 \text{ kkal}$$

Entalpi keluar:

Berdasarkan perhitungan dryer,
entalpi udara panas masuk = 1218488222,89 Kkal

Neraca energi total:

$$H \text{ bahan masuk} + Q \text{ supply} = H \text{ bahan keluar} + Q_{loss}$$

$$\text{asumsi } Q_{loss} = 5\% Q_{supply} \quad (\text{Ulrich: 432})$$

$$79542274,85 + Q_{supply} = 1218488222,89 + 5\% Q_{supply}$$

$$Q_{supply} = 1198890471,62 \text{ kkal}$$

$$Q_{loss} = 59944523,58 \text{ kkal}$$

Kebutuhan steam:

Dipakai steam pada tekanan steam 4,5 atm dengan suhu steam 148°C

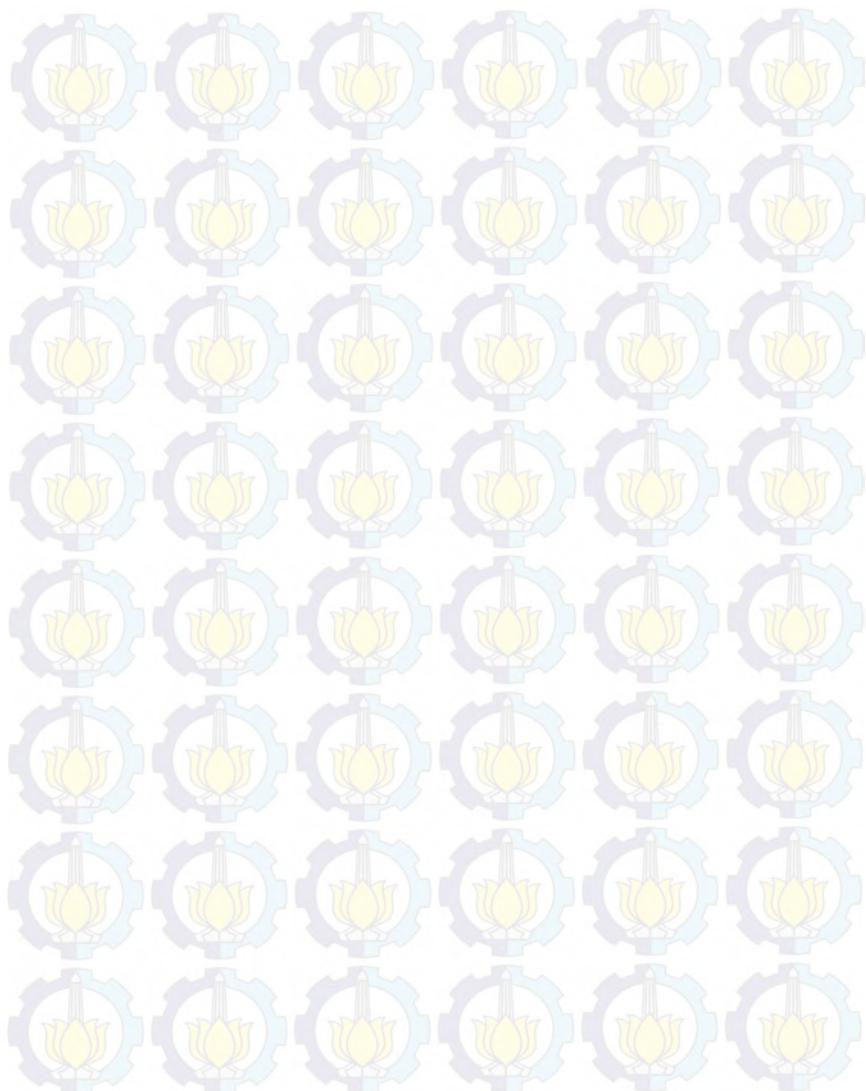
$$\lambda_{steam} = 653,10 \text{ kkal/kg} \quad (\text{Smith, Tabel C-3})$$

$$Q_{steam} = M_{steam} \cdot \lambda$$

$$M_{steam} = Q_{steam} / \lambda = 1835692,04 \text{ kg}$$

Neraca Energi:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
* Udara bebas			* Udara panas ke Rotary Dryer
Udara	79542274,85	Udara	1218488222,89
* Q supply	1198890471,62	* Q loss	59944523,58
TOTAL	1278432746,47	TOTAL	1278432746,47



APPENDIKS C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas Produksi : 180.000 ton/tahun = 545.454,55 kg/hari
 Waktu Operasi : 24 jam/hari; 330 hari/tahun

C-1. POMPA (L-111)

- Fungsi : Untuk mengalirkan Air laut dari laut ke Settling Lagoon (H-110)
 Tekanan : 1 atm
 Jenis Pompa : Pompa Sentrifugal
 Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas < 10 cP dan tekanan yang rendah



Perhitungan (Asumsi aliran turbulen)

Bahan masuk:

Komponen	Massa (kg/jam)	sg	ρ (kg/m ³)	ρ (lb/ft ³)
Air Laut	600.000	1,024	1020	63,65

$$= 5,77 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{rate massa (kg/jam)}}{\text{densitas (kg/m}^3\text{)}} = \frac{600.000}{1020}$$

$$= 588,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,163 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 2590,2 \text{ gpm}$$

- Menghitung Diameter

$$D_{i,\text{opt}} = 3,9 \times (Q)^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(pers. 15 Peter and timmerhouse)

$$= 3,9 \times (5,77 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (63,65 \text{ lb/ft}^3)^{0,13}$$

$$= 14,73 \text{ in}$$

Dimana,

Q = Rate Volumetrik (ft^3/s)

ρ = Densitas larutan (lb/ft^3)

Dari appendiks Kern (Tab.11) didapatkan:

Nominal pipe size (in)	Outside diameter (in)	Sch number	ID (in)	A per lin ft (ft^2/ft)	
				Outsid e	Inside
16	16	30	15,25	4,189	4

Ditetapkan nominal 16 sch 30:

$$\text{OD : } 16 \text{ in} = 0,405 \text{ m}$$

$$\text{ID : } 15,52 \text{ in} = 0,387 \text{ m}$$

- Menghitung Kecepatan volumetrik

$$v = \frac{\text{Rate Volumetrik}}{\text{Luas Area } (1/4 \times \mu \times \text{ID}^2)} = \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{s}}{0,12 \text{ m}^2} = 1,39 \text{ m/s}$$

- Menghitung Nre

Menghitung μ berdasarkan sg bahan

Reference yang digunakan adalah air pada suhu 0°C
(*Geankoplis, A.2-30*)

$$\begin{aligned}
 \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\
 &= \frac{1020}{995,68} \times 1 \\
 &= 1,03 \\
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1,02}{1} \times 0,0008 \text{ (kg/m.s)} \\
 &= 0,0008 \text{ Kg/m.s} \\
 \text{Nre} &= \frac{D \times V \times \mu}{\rho} = \frac{0,387 \text{ m} \times 1,39 \text{ m/s} \times 1020 \text{ kg/m}^3}{0,0008 \text{ kg/m(s)}} \\
 &= 688013,20 > 2100 \text{ (turbulen)}
 \end{aligned}$$

- Menghitung total friksi loss

1. Sudden Contraction: Friksi yang terjadi karena adanya perpindahan dari pipa besar ke pipa kecil
Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$ (*Geankoplis, 2003*)

$$Kc = 0,55 + \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

$$Kc = 0,55 + (1 - 0)$$

$$Kc = 0,55$$

$$Hc = Kc \frac{V^2}{2\alpha} = 0,55 \frac{1,392^2}{2 \times 1} = 0,53 \text{ J/kg}$$

2. Friksi pada Pipa lurus

Panjang pipa:

* Panjang pipa ke pompa	=	50	m
* Panjang pipa dari pompa ke elbow 1	=	5	m
* Panjang pipa dari elbow 1 ke elbow 2	=	10	m
* Panjang pipa dari elbow 2 ke elbow 3	=	2	m
* Panjang pipa dari elbow 3 ke clarifier	=	1	m
Panjang total pipa lurus	=	68	m

Panjang ekivalen suction, Le (*Geankoplis, Tabel 2.10-1*)

$$\begin{aligned} 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 35 \times (\text{ID pipa} = 0,387) = 40,64 \text{ m} \\ 1 \text{ globe valve} &= 1 \times 300 \times (\text{ID pipa} = 0,387) = 116,10 \text{ m} \\ 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 9 \times (\text{ID pipa} = 0,387) = 3,48 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang total} = (68 + 40,46 + 116,10 + 3,48) \text{ m} = 228,22 \text{ m}$$

Bahan pipa = Commercial steel

$$D = 0,387 \text{ m}$$

$$Nre = 688013$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0,0005 \quad (\text{Foust , App. C-I})$$

$$f = 0,00753 \quad (\text{Foust , App. C-I})$$

$$Ff = 4f \frac{\Delta L x v^2}{D \times 2} = 4 \frac{0,00753 \times 228,22 \times 1,39^2}{0,387 \times 2} = 17,159 \text{ J/kg}$$

3. Friksi pada elbow dan valve

$$hf = \frac{k_f \times v^2}{2} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = \frac{3 \times 0,75 \times (1,39^2)}{2} = 2,17 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ globe valve} = \frac{1 \times 6 \times (1,39^2)}{2} = 5,80 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ gate valve} = \frac{1 \times 0,17 \times (1,39^2)}{2} = 0,16 \text{ J/kg}$$

Total hf= 8,13 J/kg

4. Sudden Enlargement

$$K_{ex} = 1 - \frac{A_2}{A_1}, K_{ex} = 1$$

Karena $A_2 > A_1$, maka $A_1/A_2 = 0$ (*Geankoplis, 2003*)

$$h_{ex} = \frac{k_{ex} \times v^2}{2 \times \alpha} = \frac{1 \times (1,39)}{2 \times 1} = 0,695 \text{ J/kg}$$

Total Friksi = $(0,53 + 17,159 + 8,13 + 0,695) \text{ J/kg} = 26,52 \text{ J/kg}$

- Persamaan Bernoulli: $- Ws = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} + \Sigma F$ (*Geankoplis, 2003*)

$$P_1 = \text{tekanan hidrostatis} = \rho \times h \\ \text{Tinggi bahan} = 5 \text{ meter (dari permukaan laut)}$$

$$P_1 = \rho \times h = 1020 \text{ kg/m}^3 \times 5 = 5100 \text{ kg/m}^2 \\ P_2 = 1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ kg/m.s}^2 \\ \Delta P = P_2 - P_1 = (101325 - 5100) \text{ kg/m.s}^2 \\ = 96225 \text{ kg/m.s}^2$$

$$\Delta P / \rho = 96225 / 1020 = 94,34 \text{ j/kg}$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,39^2 - 0}{2 \times 1 \times 1} = 88,29 \text{ j/kg}$$

$$\begin{aligned}\Delta Z &= 10 \text{ m} - 1 \text{ m} &= 9 \text{ m} \\ \Delta Z \frac{g}{gc} &= 9 \times \frac{9,81}{1} &= 88,19 \text{ j/kg}\end{aligned}$$

$$-W_s = (94,34 + 88,29 + 0,996 + 26,52) \text{ j/kg} = 210,11 \text{ j/kg}$$

- **Menghitung Power Pompa**

Efisiensi pompa (η), (Geankoplis, 2003)

$$\eta = -\frac{W_s}{W_p}$$

Keterangan :

W_s = Power pompa teoritis

W_p = Power pompa actual

η = Efisiensi kinerja pompa

Berdasarkan figure 14-37 Peter and Timmerhouse, untuk $Q = 2590,20 \text{ gpm}$ didapatkan efisienfi pompa sebesar = 90%

$$\text{Maka, } W_p = -\frac{W_s}{\eta} = \frac{210,11}{0,9} = 233 \text{ J/kg} = 78 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

Massa bahan yang dipompa tiap detik:

$$m = 600.000 \text{ kg/jam} = 1.227.600 \text{ lb/jam} = 341 \text{ lb/s}$$

- **Menghitung Bhp**

$$\begin{aligned}Bhp &= \frac{wp \times m}{550} \\ &= \frac{78 \times 341}{550} \\ &= 48,41 \text{ hp}\end{aligned}$$

Berdasarkan figure 14-38 Peter and Timmerhouse, untuk BHP = 48,41 didapatkan efisienfi pompa sebesar = 89%.

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}} = 54,39 \text{ HP}$$

SPESIFIKASI PERALATAN :

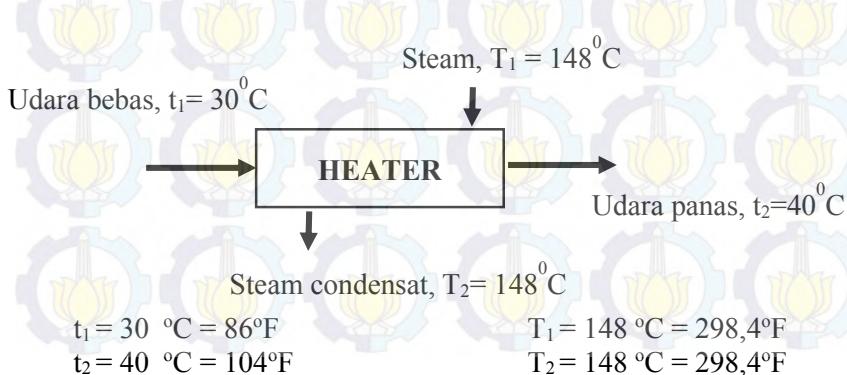
Nama	: pompa L-111
Fungsi	: untuk memompa air laut menuju Settling Tank (H-110)
Jumlah	: 1
Tipe	: centrifugal pump
Bahan	: carbon steel, SA-283 grade C
Bahan konstruksi	: commercial steel
Kapasitas	: 600.000 kg/jam
Power pompa	: 48 HP
Ukuran pipa	: 16 in Sch 30
Diameter pipa dalam	: 0,387 m
Diameter pipa luar	: 0,405 m
Power motor penggerak	: 54 HP

C-2. HEAT EXCHANGER

Fungsi : Memanaskan udara dari 30°C menjadi 40°C

Tipe : 1-2 Shell and Tube Heat Exchanger

Kondisi Operasi : Tekanan 1 atm, Suhu 40°C



1. Heat Balance:

$$\text{massa udara} = 66285229,04 = 2761884,54 \text{ kg/jam}$$

$$= 6087193,53 \text{ lb/jam}$$

$$C_p \text{ udara} = 0,24 \text{ Btu/(lb)(}^{\circ}\text{F)}$$

$$\lambda_{\text{steam}} = 1175,58 \text{ BTU/lb (Smith, Tabel C-3)}$$

$$Q_{\text{udara}} = 6087193,53 \times 0,24 (40 - 30) = 14609264,48 \text{ BTU/jam}$$

$$W_{\text{steam}} = Q / \lambda = 12427,28 \text{ lb}$$

$$Q_{\text{steam}} = 12427,28 \times 1175,58 = 14609264,48 \text{ BTU/jam}$$

2. Δt :

Hot Fluid		Cold	Diff.
298,4	Higher Temp	104	194,4
298,4	Lower Temp	86	212,4
298,4	Differences	18	18

Ketika R = 0, maka $\Delta t = \text{LMTD}$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln (\Delta t_2 / \Delta t_1)} = \frac{212,4 - 194,4}{\ln (212,4/194,4)}$$

$$= 203,27 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$3. t_{av} = (104 + 86) / 2 = 95 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Fuida panas: Tube side, steam	Fluida dingin: Shell side: Udara
4. Flow area $a_t = 0,302 \text{ in}^2 \quad (\text{Kern, Tab.10})$ $a_t = N_t \times a_t / 144n$ $= 76 \times 0,302 / 144 \times 2$ $= 0,32 \text{ ft}^2$	4. Flow area $a_s = (L_{\text{shell}}) - (L_{\text{tubes}})$ $= 1/144 (\pi 12^2/4 - 76\pi \times 0,75^2/4 = 0,55 \text{ ft}^2$
5. G_t (untuk pressure drop)= W/a_t $= 12427,28 / 0,32$ $= 38984,15 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)}$	5. $G_s = w/a_s$ $= 6087193,53 / 0,55$ $= 11028461,04 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)}$
6. $T_a = 298,4 \text{ }^{\circ}\text{F}$ (Kern, fig.15) $\mu_{\text{steam}} = 0,015 \times 2,42$ $= 0,036 \text{ lb/(ft)(hr)}$ $D = 0,62/12 = 0,0517 \text{ ft}$ $Re_t = DG_t / \mu$ $= 0,0517 \times 38984,15 / 0,036$ $= 55487,09$	6. $t_a = 95 \text{ }^{\circ}\text{F}$ (Perry 8ed, Tab.2-187) $\mu_{\text{steam}} = 3,92 \text{ lb/(ft)(hr)}$ $D_e = 4a_s / (\text{wetted perimeter})$ $= 4 \times 0,55 / (76 \times \pi \times 0,75/12)$ $= 0,148 \text{ ft}$ $Re_s = D_e G_s / \mu$ $= 0,148 \times 11028461,04 / 3,92$ $= 414981,05$
Re _t untuk pressure drop	7. $jH = 700$ (Kern, Fig.24)
9. Kondensasi steam: $h_{io} = 1500 \text{ BTU/hr.ft}^2.(^{\circ}\text{F})$	8. $t_a = 95 \text{ }^{\circ}\text{F}$, (Kern, Tab.5) $k = 0,016 \text{ BTU/hr.ft}^2.(^{\circ}\text{F}/\text{ft})$ $c = 0,25$ (Kern, Fig.3) $(c\mu/k)^{1/3} = (0,25 \times 3,92 / 0,016)^{1/3}$ $= 3,89$
	9. $h_o = jHx(k/D_e)x(c\mu/k)^{1/3} \phi_s$ $h_o / \phi_s = 700 \times 0,016 \times 3,89 / 0,148$ $= 295,23$

$$10. t_w = t_c + h_{io}/(h_{io}+h_o)(T_a-t_a) \\ = 95 + 1500/(1500+295,23) \\ (298,4-95) = 264,95 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$11. t_w = 264,95 \text{ } ^\circ\text{F}, \mu_w = 2 \text{ } \mu_{water} \\ \mu_w = 2 \times 0,19 \times 2,42 = 0,92 \\ \text{lb/ft.hr} \text{ (Kern, fig 14)} \\ \phi_s = (\mu / \mu_w)^{0,14} = (3,92 / 0,92)^{0,14} \\ = 1,23$$

$$12. h_o = (h_o / \phi_s) / \phi_s = 240,99 \\ \text{BTU/(hr)(ft}^2\text{)} \text{ } ^\circ\text{F}$$

13. Koefisien keseluruhan, U_C :

$$U_C = \frac{h_{io} h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \times 240,99}{1500 + 240,99} = 207,64 \text{ BTU/(hr)(ft}^2\text{)} \text{ } ^\circ\text{F}$$

14. Desain keseluruhan, U_D :

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{lin ft} \\ A = 76 \times 16'0'' \times 0,1963 = 238 \text{ ft}^2$$

$$U_D = Q / (A \cdot \Delta t) = 14609264,48 / (238 \cdot 203,27) \\ = 301,1 \text{ BTU/(hr)(ft}^2\text{)} \text{ } ^\circ\text{F}$$

15. R_d :

$$R_d = \frac{U_D - U_C}{U_c U_D} = \frac{301,1 - 207,64}{301,1 \times 207,64} = 0,001 \text{ (hr)(ft}^2\text{)} \text{ } ^\circ\text{F/BTU}$$

Pressure Drop

1. Spesific volume dari Tab.7=

$$v = 6,45 \text{ lb/ft}^3$$

$$s = (1 / 6,45) / 62,5 = 0,002$$

$$Re_t = 55487,09$$

$$f = 0,00018 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

(Kern, fig.26)

$$2. \Delta P_t = \frac{1}{2} \frac{f G t^2 L n}{5,22 \times 10^{10} D_s \phi}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{0,00018 \times 38984,15^2 \times 16 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0,0517 \times 0,002 \times 1}$$

$$= 0,65 \text{ psi}$$

$$1. s = 1 \text{ BTU/lb } ^0\text{F} \text{ (Kern, tab.6)}$$

$$2. De' = 4 \times 0,55 / (76 \times 3,14 \times 0,75 / 12 + 3,14 \times 12 / 12)$$

$$= 0,122 \text{ ft}$$

$$Re'_s = De' \cdot G_s / \mu$$

$$= 0,122 \cdot 11028461,04 / 3,92$$

$$= 342132,85$$

$$f = 0,00012 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

(Kern, fig.26)

$$3. \Delta P_s = \frac{1}{2} \frac{f G s^2 L n}{5,22 \times 10^{10} D_s \phi s}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{0,00012 \times 11028461,04^2 \times 16 \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,122 \times 1 \times 1,23}$$

$$= 9,51 \text{ psi}$$

Ringkasan

1500	h outside	240,99
Uc	207,64	
Ud	301,1	
Rd	0,001	
Rd Required	0,002	
0,65	Calculated P	9,51
Neg	Allowable P	10.0

Shell side:

ID = 12 in

Baffle space = half circle

Passes = 1

Tube side:

Number & Length = 76,
16'0"

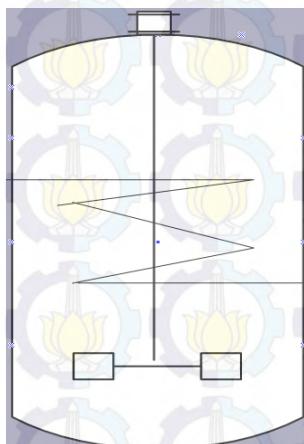
OD, BWG, pitch = ¾ in,
16 BWG, 1 in square
Passes = 2

C-3 REAKTOR (R-120)

Fungsi : Untuk mereaksikan komponen-komponen pengotor di dalam air laut dengan NaOH agar menghasilkan produk berupa suspensi padat.

Kondisi Operasi :

- Suhu Operasi = 32°C (suhu ruang)
- Tekanan Operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
- Waktu Operasi = Kontinyu
- Waktu Tinggal = 1 jam



Reaksi yang terjadi di dalam Reaktor (R-120):

- I. $\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$
- II. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- III. $\text{MgSO}_{4(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$
- IV. $\text{MgCl}_{2(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{NaCl}_{(s)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(aq)}$
- V. $\text{KCl}_{(s)} + \text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{KOH}_{(s)}$

(Shreve's : 232)

Dari perhitungan neraca massa, diperoleh komposisi feed sebagai berikut:

Komponen	Massa (kg/jam)
CaCO _{3(s)}	14,40
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	1075,80
NaCl _(aq)	18300,00
MgSO _{4(aq)}	1525,20
MgCl _{2(aq)}	2040,00
NaBr _(s)	67,92
KCl _(s)	65,64
H ₂ O _(l)	576319,20
flok-flok	0,60
NaOH _(aq)	3273,66
Total	602682,42

1. Perhitungan Volume Reaktor

Komponen	ρ (kg/m ³)	w (kg/jam)	Fv = w / ρ (m ³ /jam)
CaCO _{3(s)}	1900,00	14,40	0,01
CaSO _{4.2H₂O(aq)}	1100,00	1075,80	0,98
NaCl _(aq)	1200,00	18300,00	15,25
MgSO _{4(aq)}	600,00	1525,20	2,54
MgCl _{2(aq)}	1150,00	2040,00	1,77
NaBr _(s)	1498,00	67,92	0,05
KCl _(s)	1164,00	65,64	0,06
H ₂ O _(l)	995,00	576319,20	579,22
flok-flok	820,00	0,60	0,0007
NaOH _(aq)	2130,00	3273,66	1,54
total		602682,42	601,41

Kecepatan volumetris (Fv) = 601,41 m³/jam

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = \frac{602682,42 \text{ kg/jam}}{601,41 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 1002,12 \text{ kg/m}^3$$

Jika waktu tinggal, $\Theta = 1 \text{ jam}$

Maka, $\Theta = V / F_v$

$$V = \Theta \cdot F_v$$

$$V = (1) (601,41 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$V = 601,41 \text{ m}^3$$

$$= 21235,65 \text{ ft}^3$$

2. Menentukan Dimensi Reaktor

Untuk perancangan, volume reaktor diambil 120 % dari volume larutan.

$$\begin{aligned}\text{Volume Reaktor} &= 1,2 \times 601,41 \\ &= 721,69 \text{ m}^3 \\ &= 25482,78 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Ditentukan perbandingan, $H/D = 1,25$

dengan, $H = \text{tinggi reaktor}$

$D = \text{diameter reaktor}$

$$\begin{aligned}\text{Volume Reaktor} &= \frac{\pi \times D \times D \times H}{4} \\ 50 &= 0,79 \times D \times 1,25D \\ D^3 &= 735,48 \text{ m}^3 \\ D &= 9,03 \text{ m} \\ &= 29,61 \text{ ft}\end{aligned}$$

Sehingga, $H = 1,25 D$

$$H = 1,25 \times 9,03 \text{ ft}$$

$$= 11,28 \text{ m}$$

$$= 37,02 \text{ ft}$$

3. Menentukan Tebal Shell

Diameter dalam : 355,38 in

Tekanan operasi : 1 atm (14,7 psi)

Suhu operasi : 32°C (89,6°F)

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C

Untuk $T = 89,6^\circ\text{F}$, maka

$f = \text{allowable stress}$: 12650 psi

$c = \text{korosi}$: 0,15 in

E = efisiensi sambungan menggunakan Double Welded butt

Joint : 0,8

(Appendix D, Brownell-Young)

Tebal shell dihitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young, sebagai berikut:

$$t = \frac{p \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6p}$$

= 0,41 in (dipakai tebal standar 6/16)

$$\text{OD} = \text{ID} + 2 \cdot t = 355,38 + 2 \times (6/16) = 356,13 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai = 240 in

Didapatkan $r_i = 3,04$

Koreksi: $\text{ID} = \text{OD} - 2t$

$$= 240 - (2 \times 6/16)$$

$$= 239,25 \text{ in}$$

$$= 6,08 \text{ m}$$

4. Menentukan Tebal Head

Bentuk head = torispherical dished head

Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 Brownell-Young

$$th = \frac{0,855 \ p.r}{f.E - 0,1 p} + c$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young : icr = 6,13 in

$$r = 180 \text{ in}$$

maka,

$$th = \frac{0,855 (14,7) (180)}{(12650) (0,8) - 0,1 (14,7)} + 0,15 \\ = 0,38 \text{ in}$$

Dipakai tebal head = 5/16 in (tabel 5.7 Brownell-Young)

$$\frac{icr}{OD} = \frac{6,13}{240} = 0,03 = 3\%$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6%, dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head.

$$V = 4,9E-05 \times (Di)^3$$

dengan : V = volume, ft³

Di = diameter, in

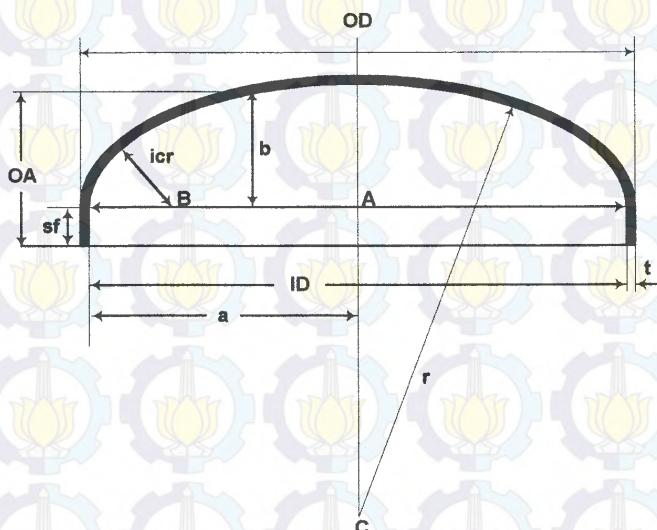
$$V = 4,9E-05 \times (239,25)^3$$

$$= 671,045 \text{ ft}^3$$

$$= 19 \text{ m}^3$$

5. Menentukan Jarak Puncak dengan Straight Flange

Dari tabel 5.6 Brownell-Young, straight flange antara 1.5-3 in.
Dipilih straight flange (Sf) = 2 in



$$a = \frac{ID}{2} = \frac{259,25}{2} = 119,63 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - icr = 119,63 - 6,13 = 113,50 \text{ in} \\ BC &= r - icr = 180 - 6,13 = 173,88 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{(BC^2 - AB^2)} \\ &= \sqrt{(173,88^2 - 113,50^2)} \\ &= 131,72 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC = 180 - 131,72 \\ &= 48,28 \text{ in} \\ &= 1,23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OA &= b + sf + th \\ &= 1,23 \text{ in} + 2 + 0,38 \\ &= 50,66 \text{ in} = 1,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi head = 50,66 in

Mencari Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor} &= \text{tinggi shell} + 2(\text{tinggi head}) \\ &= 11,28 \text{ m} + 2(1,29 \text{ m}) \\ &= 13,86 \text{ m} \\ &= 45,46 \text{ ft} \end{aligned}$$

6. Menghitung Tinggi Larutan dalam Reaktor

Luas penampang reaktor:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times 6,08^2 \\ &= 28,99 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Volume head bawah :

$$V_h = 19 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam reaktor} = 601,41 \text{ m}^3$$

Volume larutan dalam bagian shell :

$$\begin{aligned} &= \text{volume larutan} - \text{vol head bawah} \\ &= 601,41 - 19 \\ &= 582,40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tinggi larutan dalam bagian shell :

$$\begin{aligned}
 & \frac{\text{volume larutan}}{\text{luas penampang}} \\
 & = \frac{582,40 \text{ m}^3}{28,99 \text{ m}^2} \\
 & = 20,09 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi larutan dalam shell dan head bawah :

$$\begin{aligned}
 & = \text{tinggi larutan} + \text{OA} \\
 & = 20,09 + 1,29 \text{ m} \\
 & = 21,38 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Mencari Volume Reaktor Baru

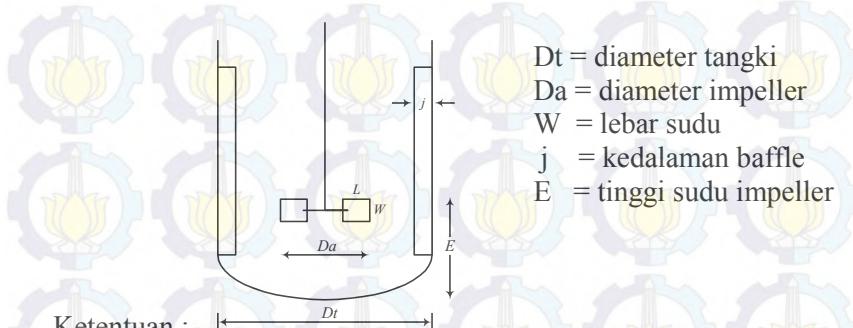
$$\begin{aligned}
 \text{Volume shell} &= A \times \text{tinggi shell} \\
 &= 28,99 \times 11,28 \\
 &= 327,10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= \text{Volume shell} + 2(\text{Volume head}) \\
 &= 327,10 + 2 \times (19) \\
 &= 365,10 \text{ m}^3 \\
 &= 10510,35 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

7. Menentukan Dimensi Pengaduk

Pengaduk yang digunakan jenis flat blade turbin yang dilengkapi dengan 4 baffle.

Dari McCabe-Smith 1956 diambil standar turbin design sebagai berikut :



Ketentuan :

a. perbandingan diameter impeller dengan diameter reaktor adalah $D_a/D_t = 1/3$

$$D_a = 1/3 \cdot D_t = 1/3 \times 9,03 = 3,01 \text{ m} = 9,87 \text{ ft}$$

b. perbandingan posisi sudu impeller dengan diameter impeller adalah $E/D_a = 1$

$$E = D_a = 3,01 \text{ m} = 9,87 \text{ ft}$$

c. perbandingan lebar impeller dengan diameter impeller adalah $W/D_a = 1/5$

$$W = 1/5 \times 3,01 = 0,6 \text{ m} = 1,97 \text{ ft}$$

d. perbandingan kedalaman baffle dengan diameter reaktor adalah $j/D_t = 1/12$

$$j = 1/12 \cdot D_t = 1/12 \times 9,03 = 0,75 \text{ m} = 2,47 \text{ ft}$$

e. perbandingan panjang sudu impeller dengan diamete impeller adalah $L/D_a = 1/4$

$$L = 1/4 \cdot D_a = 1/4 \times 3,01 = 0,08 \text{ m} = 0,25 \text{ ft}$$

- Memperkirakan Kecepatan Putaran Pengaduk

Kecepatan putar pengaduk dihitung dengan persamaan 8.8 (*Rase, 1977*)

$$\frac{WELH}{2.Da} = \left[\frac{\pi.Da.N}{600} \right]^2$$

dimana :

WELH = water equivalent liquid height

= tinggi cairan x specific gravity

= (21,38) (1,0021)

= 21,42 m = 70,28 ft

Da = diameter impeller

= 3,01 m = 9,87 ft

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

$$N^2 = \frac{WELH}{2.Da} \cdot \left[\frac{600}{\pi.Da} \right]^2$$

$$N^2 = 3,56 \times 12663,95$$

$$N^2 = 45081,89$$

$$N = 212,32 \text{ rpm} = 3,54 \text{ rps}$$

Dipakai kecepatan putar pengaduk = 212,32 rpm = 3,54 rps

Bilangan Reynold untuk pengadukan:

$$Re = \frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{(3,01 \text{ m})^2 (3,54 \text{ 1/det}) (1002,12 \text{ kg/m}^3)}{0,00802 \text{ kg/det.m}}$$

$$= 4004641,31$$

Dari fig.3.4-5 (Geankoplis, 1986), didapatkan power $N_p = 5,3$

Tenaga untuk pengadukan:

$$P = \frac{N_p \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}{g}$$

$$P = \frac{(5,3) (212,32)^3 (3,01)^5 (1002,12)}{(9,8 \text{ m/det}^2) (60 \text{ det/men})^2}$$

$$= 98713,86 \text{ J/s}$$

$$= 2,74 \text{ kWh}$$

$$= 3,68 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor 85 %, maka

Tenaga motor untuk pengaduk = $3,68 / 0.85 = 3,13 \text{ Hp}$

Dipilih motor standar = 3 Hp

8. Menentukan Sistem Pendingin

Ditentukan jarak shell dengan jaket = 3 in

$$\begin{aligned} OD &= ID_{\text{shell}} + 2.ts + \text{jarak shell dengan jaket} \\ &= 282,062 + 2(6/16) + 3 \\ &= 243 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ID &= OD - 2t = 282.062 - 2(6/16) \\ &= 240 \text{ in} \\ &= 6,10 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, $r_i = 3,05$

tebal jaket :

$$ts = \frac{P Ri}{f E - 0,6 P} + C \quad (Brownell, eq. 13.1, p. 254)$$

$$P = \frac{f E t}{Ri + 0,6t} \quad (Brownell, eq. 13.2, p. 254)$$

$$P = 1162,87 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{P Ri}{f E - 0,6 P} + C$$

$$ts = 0,5 \text{ in}$$

SPESIFIKASI REAKTOR (R-120):

Tipe : CSTR

Tangki silinder dengan tutup atas dishead head dan tutup bawah berbentuk dishead dengan pengaduk dan jaket.

Bahan : Carbon Steel SA-283 Grade C

Dimensi Reaktor

Volume : 25482,78 ft³

Diameter : 29,61 ft

Tinggi : 37,02 ft

Dimensi Shell

Tebal Shell : 0,41 in
(dipilih tebal standar 6/16 in)

Diameter Sheel, inside : 239,25 in

Diameter Sheel, outside : 356,13 in

Dimensi Tutup

Volume Head : 671,045 ft³

Tebal Head : 0,38 in (6/16 in)

Tinggi Head : 50,66 in

Jari-jari Tutup : 113,50 in

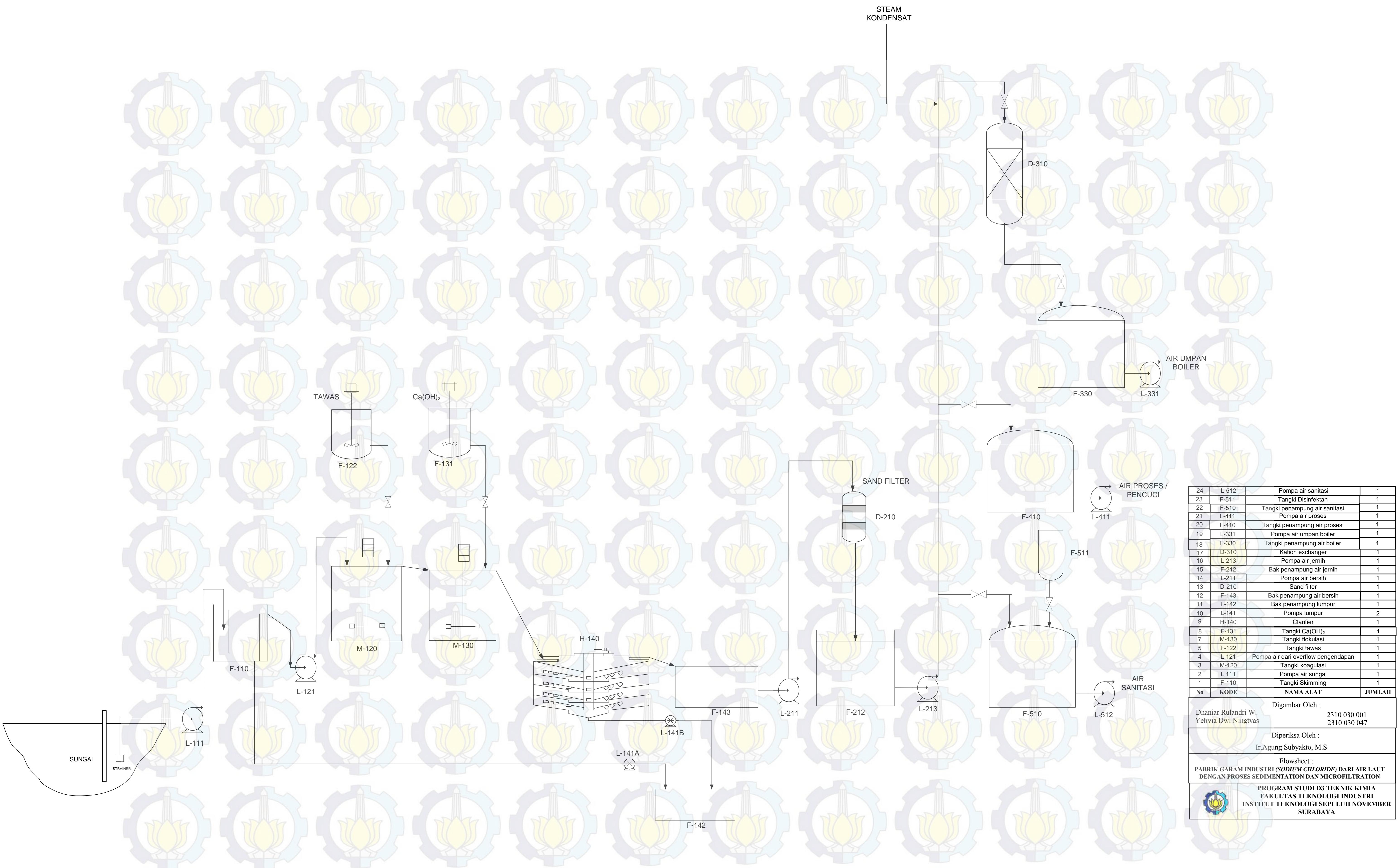
Jarak Puncak dan Staright Flange : 131,72 in

Dimensi Pengaduk

Diameter impeller	: 9,87 ft
Tinggi Sudut Impeller	: 9,87 ft
Lebar sudut	: 1,97 ft
Kedalaman baffle	: 2,47 ft
Power pengaduk	: 3 Hp
Kecepatan pengadukan	: 3,54 rps

Dimensi Pendingin

Diameter jacket	: 17,64 in
Tebal jacket	: 0,5 in



26	F-330	Storage Tank	1
25	H-320	Screen	1
24	J-313	Belt Conveyor	1
23	C-310	Ball Mill	1
22	J-312	Elevator	1
21	J-311	Screw Conveyor	1
20	E-243	Heater	1
19	G-242	Fan Udara	1
18	H-241	Cyclone	1
17	B-240	Rotary dryer	1
16	H-230	Centrifuge	1
15	F-222	Tangki NaCl (inti kristal)	1
14	L-221	Pompa crystallizer	1
13	X-220	Crystallizer	1
12	G-212	Jet Ejector	1
11	E-211	Barometric Condensor	1
10	V-210	Evaporator	3
9	L-141	Pompa	1
8	H-140	Mikrofilter	1
7	H-130	Clarifier	1
6	F-122	Tangki pengenceran NaOH	1
5	L-121	Pompa reaktor	1
4	R-120	Reaktor	1
3	F-112	Tangki penyimpanan Tawas	1
2	L-111	Pompa air laut	1
1	H-110	Settling Lagoon	1
No	Kode	Nama alat	Jumlah

PROCESS FLOW DIAGRAM

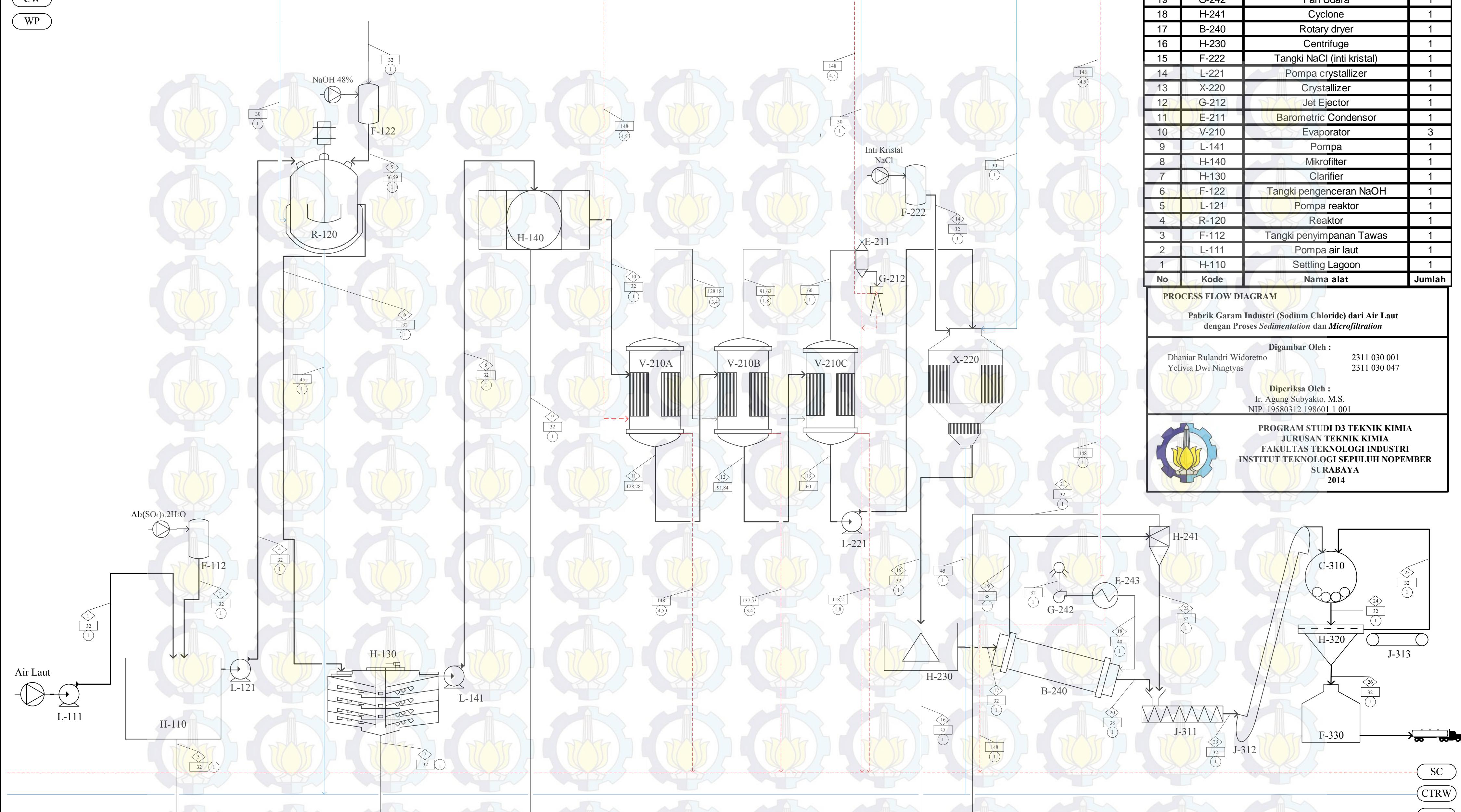
Pabrik Garam Industri (Sodium Chloride) dari Air Laut
dengan Proses Sedimentation dan Microfiltration

Digambar Oleh :
Dhaniar Rulandri Widoretno
Yelivia Dwi Ningtyas

2311 030 001
2311 030 047

Diperiksa Oleh :
Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2014



SC
CTRW
WT

KOMPONEN	Nomor Aliran																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
CaCO ₃	1728,0		1382,40	345,60		34,56	24,19		10,37	10,37																		
CaSO ₄ ·2H ₂ O	25819,20			25819,20		2581,92	51,64	2530,28		2530,28	2530,28	2530,28		2530,28	2403,77	126,51			1,27	125,25	0,01	1,25	126,50	132,83	6,33	126,50		
NaCl	439200			439200		494404,50	9888,09	484516,41		484516,41	484516,41	484516,41		9690,33	9205,81	484,52		4,85	479,67	0,05	4,80	484,47	508,69	24,22	484,47			
MgSO ₄	36604,80			36604,80		3660,48	73,21	3587,27		3587,27	3587,27	3587,27		3587,27	3407,91	179,36			1,79	177,57	0,02	1,78	179,35	188,31	8,97	179,35		
MgCl ₂	48960,0			48960		4896	97,92	4798,08		4798,08	4798,08	4798,08		4798,08	4558,18	239,90			2,40	237,50	0,02	2,38	239,88	251,87	11,99	239,88		
NaBr	8150,40		6520,32	1630,08		1630,08	1141,06	489,02	489,02																			
KCl	7876,80		6301,44	1575,36			157,54	110,28	47,26	47,26																		
H ₂ O	13831660,80					13831660,80		13836520,46	276730,41	13559790,05	9137983,35	4716176,66	294369,96		226764,50		226764,50	1491417,65	1716021,89	1080,13	1716021,89		6469,98	6793,47	323,50	6469,98		
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O		72																										
flok-flok		57,60	14,40			14,40	10,08	4,32	4,32																			
NaOH						78567,74	7856,77	157,14	7699,64		7699,64	7699,64	7699,64		7699,64	7314,66	384,98			3,85	381,13	0,04	3,81	384,94	404,19	19,25	384,94	
Na ₂ CO ₃							329,37	230,56	98,81	98,81																		
Ca(OH) ₂							10230,31	204,61	10025,71		10025,71	10025,71	10025,71		10025,71	9524,42	501,29			5,01	496,27	0,05	4,96	501,24	526,30	25,06	501,24	
Na ₂ SO ₄								58049,29	40634,50	17414,79	17414,79																	
Mg(OH) ₂								42945,35	30061,75	12883,61	12883,61																	
KOH									1066,93	746,85	320,08	320,08																
NaCl·2H ₂ O																		80,75	542512,30		5425,12	537087,17	54,25	5370,87	542458,05	569580,95	27122,90	542458,05
Udara kering																			66285229,04	66285229,04		66285229,04						
Total	14400000	72	14261,76	14385810,24	78567,74	14464377,98	360162,28	14104215,70	31268,26	14072947,44	9651140,74	5229334,04	807527,35	8075,08	36414,74	771193,359	67776646,70	68006695,22	540064,70	68001305,38	5389,85	550844,39	578386,61	27542,22	550844,39			

BIODATA PENULIS
DHANIA RULANDRI WIDORETNO
(2311 030 001)



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 27 Nopember 1992. Penulis menempuh jenjang pendidikan pertamanya di TK Al-Manar Surabaya, kemudian melanjutkan jenjang *study* nya di SD Muhammadiyah 15 Surabaya, SMPN 16 Surabaya, SMAN 1 Surabaya, dan di D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, Sidoarjo. Organisasi yang diikuti selama kuliah adalah HIMA D3KKIM pada periode 2012-2014 dan menjadi bagian dari Bakor Pemandu LKMM FTI-ITS. Penulis juga pernah aktif dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), menjadi finalis pada IPB Business Plan Competition (IPB) dan GamaSec (UGM), serta Mawapres 2 tingkat D3 ITS.

Email: dhan.dhaniar@yahoo.com

YELIVIA DWI NINGTYAS
(2311 030 047)



Penulis lahir di Sidoarjo pada tanggal 8 Juli 1994. Penulis mendapatkan jenjang pendidikannya pertama kali di TK Masyitoh Tanggulangin, Sidoarjo, kemudian melanjutkan jenjang *study* nya secara berturut-turut di SDN Kalitengah II Sidoarjo, SMPN 1 Sidoarjo, SMAN 1 Sidoarjo, dan di D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, Sidoarjo. Organisasi yang diikuti selama kuliah adalah BEM Fakultas (2012/2013) dan HIMA D3KKIM pada tahun (2012-2014). E-mail: yelivia.ngtys@yahoo.com