



TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA - TK184803

## PABRIK GARAM INDUSTRI (*SODIUM CHLORIDE*) DARI AIR LAUT

Nihayatul Fadila  
NRP. 02211746000003

Grazeila Dinda Dwi Puspita  
NRP. 02211746000018

Dosen Pembimbing :  
Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T.  
NIP. 1978 02 14 2003 12 2001  
Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. EST.  
NIP. 1949 11 17 1976 12 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019





**TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803**

**PRA DESAIN PABRIK GARAM  
INDUSTRI (*SODIUM CHLORIDE*)  
DARI AIR LAUT**

**Disusun Oleh:**

**Nihayatul Fadila  
NRP. 0221174600003**

**Grazeila Dinda Dwi Puspita  
NRP. 02211746000018**

**Dosen Pembimbing:**

**Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T.  
NIP. 19780214 200312 2 001**

**Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. EST  
NIP. 19491117 197612 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**PLANT DESIGN PROJECT – TK184803**

**INDUSTRIAL SALT PLANT (*SODIUM CHLORIDE*) FROM SEA WATER**

**Student Name:**

**Nihayatul Fadila  
NRP. 0221174600003**

**Grazeila Dinda Dwi Puspita  
NRP. 0221174600018**

**Advisor:  
Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T.  
NIP. 19780214 200312 2 001**

**Prof. Dr. Ir. H. M. Rachimoellah, Dipl. EST  
NIP. 19491117 197612 1 001**

**DEPARTEMEN OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

### “Pra Desain Pabrik Garam Industri (*Sodium Chloride*) Dari Air Laut”

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

Oleh :

**Nihayatul Fadila**

**02211746000003**

**Grazeila Dinda Dwi Puspita**

**02211746000018**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Pra Desain Pabrik

1. Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T. .... (Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. Est. .... (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M. Eng. .... (Penguji I)
4. Siti Zullaikah, S.T., M.T., Ph.D ..... (Penguji II)
5. Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D ..... (Penguji III)



# **PABRIK GARAM INDUSTRI (*SODIUM CHLORIDE*) DARI AIR LAUT**

Nama :

1. Nihayatul Fadila NRP. 02211746000003
2. Grazeila Dinda Dwi Puspita NRP. 02211746000018

Pembimbing :

1. Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T.
2. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. Est.

## **ABSTRAK**

Indonesia memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia serta tiga perempat wilayah Indonesia adalah air laut, Potensi ini dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan dasar produksi komoditi garam. Menurut fungsinya, salah satu jenis garam yaitu garam industri, yang memiliki kadar NaCl paling sedikit 97% (*dry basis*). Kegunaan garam industri diperuntukkan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan bagi keperluan industri lain, seperti industri tekstil, farmasi, dan sebagainya. Tingginya kebutuhan garam industri setiap tahunnya yang masih didatangkan dari luar negeri merupakan latar belakang pendirian pabrik garam industri. Proses pembuatan garam industri dibagi menjadi 3 tahapan proses, yaitu *pretreatment* dan pemurnian bahan baku, pemasakan, dan pengeringan dan pengendalian produk garam industri. Tahap *pretreatment* bertujuan untuk menghilangkan impuritis dalam air laut yang dapat mengganggu proses selanjutnya menggunakan proses sedimentasi. Tahap pemasakan bertujuan untuk menghilangkan air dan diharapkan produk keluar berupa *wet crystal*. Proses pengeringan dilakukan untuk mendapatkan produk kristal garam industri dengan kadar NaCl 99,6%. Pabrik direncanakan beroperasi pada tahun 2023. Berdasarkan data impor, konsumsi, produksi yang terus meningkat didapat estimasi kapasitas pabrik sebesar 75.000 ton/tahun. Untuk itu dibutuhkan

bahan baku air laut yang digunakan sebesar 329.615,202 kg/jam. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Kecamatan Kalianget, Kabupaten Sumenep, Madura. Pabrik garam industri merupakan perusahaan yang berbadan hukum Perseroan Terbatas dengan sistem organisasi garis dan staff. Untuk dapat mendirikan pabrik garam industri dengan kapasitas 75.000 ton/tahun diperlukan total modal investasi sebesar Rp 289.134.495.235,- dan total biaya produksi sebesar Rp 128.420.085.269,- dengan estimasi hasil penjualan sebesar Rp. 318.330.000.000,- per tahun. Dengan estimasi umur pabrik 10 tahun, dapat diketahui internal rate of return (IRR) sebesar 39,3%, pay out time (POT) 5 tahun dan break even point (BEP) sebesar 23,24%.

**Kata kunci:** air laut, sedimentasi, garam industri

# **INDUSTRIAL SALT PLANT (*SODIUM CHLORIDE*) FROM SEA WATER**

Students Name :

1. Nihayatul Fadila NRP. 02211746000003
2. Grazeila Dinda Dwi Puspita NRP. 02211746000018

Advisors :

1. Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T.
2. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. Est.

## **ABSTRACT**

Indonesia has the second longest coastline in the world and three-quarters of Indonesia's territory is sea water. This potential can be utilized as one of the basic ingredients of salt commodity production. According to its function, one type of salt is industrial salt, which has a level of NaCl of at least 97% (dry basis). The use of industrial salt is intended as a raw material or additional material for the needs of other industries, such as the textile, pharmaceutical, and so on. The high need for industrial salt every year which is still imported from abroad is the background of the establishment of an industrial salt factory. The process of making industrial salt is divided into 3 process stages, namely pretreatment and refining of raw materials, cooking, and drying and control of industrial salt products. Pretreatment phase aims to eliminate impurities in seawater which can interfere with the next process using the sedimentation process. The cooking phase aims to remove water and it is expected that the product will come out in the form of a wet crystal. The drying process is carried out to obtain industrial salt crystal products with 99.6% NaCl content. The plant is planned to operate in 2023. Based on data from imports, consumption, production which continues to increase, an estimated plant capacity of 75,000 tons / year is obtained. For this reason, seawater raw material is needed, which is 329,615,202 kg / hour.

The location of the plant construction is planned in Kalianget Subdistrict, Sumenep Regency, Madura. An industrial salt factory is a limited liability company with a line and staff organization system. To be able to set up an industrial salt factory with a capacity of 75,000 tons / year, a total investment capital of Rp 289,134,495,235 is required, and a total production cost of Rp 128,420,085,269, with an estimated sales proceeds of Rp. 318,330,000,000 per year. With an estimated factory life of 10 years, an internal rate of return (IRR) of 39.3%, pay-out time (POT) of 5 years and break even point (BEP) of 23.24% can be seen.

**Kata kunci:** sea water, sedimentation, industrial salt

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang dicurahkan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul :

### **“PRA DESAIN PABRIK GARAM INDUSTRI (*SODIUM CHLORIDE*) DARI AIR LAUT”**

Penulisan laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang S-1 untuk memperoleh gelar keserjanaan di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan pra desain pabrik ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga atas segala kasih sayang, kesabaran, doa dan pengorbanan dalam mendidik dan membesarkan kami.
2. Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
3. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. Est. selaku kepala Laboratorium Biomassa dan Konversi Energi Departemen Teknik Kimia FTI-ITS serta dosen pembimbing II.
4. Orchidea Rachmaniah, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak/Ibu dosen penguji.
6. Teman-teman Lintas Jalur Genap 2017 Teknik Kimia FTI-ITS dan semua rekan-rekan Laboratorium Biomassa dan Konversi Energi yang terus saling mendukung dan memberi semangat.
7. Seluruh civitas akademika Departemen Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak luput dari berbagai kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat kami pelukan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Surabaya, 29 Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I LATAR BELAKANG.....	I-1
BAB II BASIS DESAIN DATA.....	II-1
II.1 Kapasitas Produksi.....	II-1
II.2 Lokasi Pabrik.....	II-3
II.2.1 Faktor Utama dalam Pemilihan Lokasi.....	II-4
II.2.2 Faktor Pendukung dalam Pemilihan Lokasi Pabrik.....	II-10
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk.....	II-13
II.3.1 Bahan Baku Utama.....	II-13
II.3.2 Bahan Baku Pendukung.....	II-14
II.3.3 Produk.....	II-15
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	III-1
III.1 Macam-macam Proses Pemurnian Garam.....	III-1
III.1.1 Proses Solar Evaporasi.....	III-1
III.1.2 Proses Elektrodialisis.....	III-3
III.1.3 Proses Sedimentasi.....	III-5
III.1.4 Proses <i>Vacuum Pan</i> .....	III-6
III.1.5 Proses <i>Open Pan</i> .....	III-8
III.1.6 Proses Pencucian dengan Brine ( <i>Washing</i> ).....	III-9
III.2 Pemilihan Proses.....	III-11
III.3 Uraian Proses Terpilih.....	III-13
III.3.1 Tahap <i>Pre-Treatment</i> dan Pemurnian Bahan Baku.....	III-14
III.3.2 Tahap Pemasakan.....	III-14
III.3.3 Tahap Pengeringan dan Pengendalian Produk.....	III-15

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI .....	IV-1
IV.1 Neraca Massa .....	IV-1
IV.2 Neraca Energi.....	IV-18
BAB V DAFTAR HARGA DAN PERALATAN .....	V-1
BAB VI ANALISA EKONOMI .....	VI-1
VI.1 Pengelolaan dan Sumber Daya Manusia .....	VI-1
VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan .....	VI-1
VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan .....	VI-2
VI.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan .....	VI-4
VI.1.4 Perincian Jumlah Tenaga Kerja .....	VI-7
VI.1.5 Status Karyawan dan Pengupahan .....	VI-8
VI.2 Utilitas.....	VI-10
VI.2.1 Unit Pengolahan Air .....	VI-11
VI.2.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	VI-12
VI.2.3 Unit Penanganan Limbah.....	VI-12
VI.3 Analisa Ekonomi.....	VI-13
VI.3.1 Asumsi Perhitungan.....	VI-13
VI.3.2 Analisa Keuangan.....	VI-13
VI.3.3 Analisa Laju Pengembalian Modal ( <i>Internal Rate of Return/IRR</i> ) .....	VI-14
VI.3.4 Analisa Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time/POT</i> ).....	VI-14
VI.3.5 Analisa Titik Impas ( <i>Break Even Point/                 BEP</i> ) .....	VI-15
BAB VII KESIMPULAN.....	VII-1
DAFTAR PUSTAKA.....	xv

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Peta persebaran sentra produksi garam Indonesia .....	I-2
Gambar II.1 Struktur Hierarki penentuan Lokasi Pabrik Garam Industri.....	II-3
Gambar II.2 Lokasi Pabrik Garam Industri di Sumenep Madura .....	II-4
Gambar II.3 Peta Penggunaan Lahan Pulau Madura .....	II-10
Gambar II.5 Lokasi Tambak Garam di Kecamatan Sreseh.....	II-6
Gambar III.1 Pembuatan NaCl dengan metode Proses <i>Solar Evaporation</i> .....	III-2
Gambar III.2 Pembuatan NaCl dengan metode Proses Elektrodialisis .....	III-3
Gambar III.3 Pembuatan NaCl dengan metode Sedimentasi ..	III-5
Gambar III.4 Proses <i>Vacuum Pan</i> .....	III-6
Gambar III.5 Proses <i>Grainer System</i> dan <i>Alberger System</i> ....	III-7
Gambar III.6 Pembuatan NaCl dengan metode pencucian/ <i>washing</i> .....	III-8
Gambar III.7 Blok Diagram Proses Pembuatan Garam Industri .....	III-11
Gambar VI.1 Struktur Organisasi Perusahaan .....	VI-2
Gambar VI.2 Kebutuhan Pekerja Operator Untuk Industri Kimia .....	VI-6
Gambar VI.3 Grafik <i>Break Even Point</i> .....	VI-12

## DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Produksi garam dan luas lahan (Direktorat Jenderal Industri Kimia, Agro dan Hasil Hutan (IKAH), Departemen Perindustrian dan Perdagangan (DEPERINDAG)).....	I-3
Tabel I.2 Data Produksi Garam di beberapa daerah pada tahun 2017 .....	I-4
Tabel I.3 Kebutuhan, Produksi, Impor, dan Ekspor Garam Tahun 2010-2015 .....	I-7
Tabel II.1 Jumlah Impor Garam Industri di Indonesia Tahun 2014-2018 .....	II-1
Tabel II.2 Jumlah Produksi Garam Industri di Indonesia Tahun 2014-2018 .....	II-1
Tabel II.3 Jumlah Konsumsi Garam Industri di Indonesia Tahun 2011-2014 .....	II-2
Tabel II.4 Proyeksi Impor, Ekspor, Produksi dan Konsumsi Garam Industri di Indonesia tahun 2023 .....	II-2
Tabel II.5 Target Pasar Garam Industri di Jawa Timur pada Tahun 2015 .....	II-5
Tabel II.6 Data Topografi dan Iklim di Kabupaten Sumenep..	II-8
Tabel II.7 Penentuan Lokasi Pabrik Garam Industri.....	II-9
Tabel II.8 Komposisi Air Laut di Sumenep Madura berdasarkan PT Garam .....	II-10
Tabel II.9 Standar Kualitas Garam Industri menurut SNI 8207:2016 .....	II-13
Tabel III.1 Perbandingan Proses <i>Pre-treatment</i> Pembuatan Garam dari Air Laut .....	III-9
Tabel III.1 Perbandingan Proses <i>Treatment</i> Pembuatan Garam dari Air Laut .....	III-10
Tabel IV.1 Komposisi Air Laut di Sumenep Madura.....	IV-1

Tabel IV.2 Neraca Massa <i>Sand Filter</i> (H-111).....	IV-2
Tabel IV.3 Neraca Massa Kolam Penampung (F-112).....	IV-3
Tabel IV.4 Neraca Massa Tangki Flokulator (M-120) .....	IV-4
Tabel IV.5 Neraca Massa <i>Mixer</i> Ca(OH) <sub>2</sub> (M-122).....	IV-5
Tabel IV.6 Neraca Massa <i>Mixer</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (M-123).....	IV-6
Tabel IV.7 Neraca Massa <i>Mixer</i> BaCl <sub>2</sub> (H-124).....	IV-7
Tabel IV.8 Neraca Massa <i>Clarifier</i> (H-130).....	IV-8
Tabel IV.9 Neraca Massa <i>Feed Brine Tank</i> (M-140) .....	IV-9
Tabel IV.10 Neraca Massa Evaporator Badan I (V-210A)...	IV-10
Tabel IV.11 Neraca Massa Evaporator Badan II (V-210B)..	IV-11
Tabel IV.12 Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (V-220).....	IV-12
Tabel IV.13 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (H-230).....	IV-13
Tabel IV.14 Neraca Massa <i>Fluidized Bed Dryer</i> (B-310) ....	IV-14
Tabel IV.15 Neraca Massa <i>Cyclone</i> (H-313).....	IV-15
Tabel IV.16 Neraca Massa <i>Hammer Mill</i> (C-320) .....	IV-16
Tabel IV.17 Neraca Massa <i>Screener</i> (H-330).....	IV-17
Tabel IV.18 Neraca Energi <i>Mixer</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (M-123).....	IV-19
Tabel IV.19 Neraca Energi <i>Mixer</i> Ca(OH) <sub>2</sub> (M-122) .....	IV-19
Tabel IV.20 Neraca Energi <i>Mixer</i> BaCl <sub>2</sub> (H-126) .....	IV-20
Tabel IV.21 Neraca Energi Flokulator (M-120) .....	IV-21
Tabel IV.22 Neraca Energi <i>Feed Brine Tank</i> (M-140) .....	IV-22
Tabel IV.23 Neraca Energi Evaporator Badan I (V-210A) ..	IV-23
Tabel IV.24 Neraca Energi Evaporator Badan II (V-210B) .	IV-23
Tabel IV.25 Neraca Energi <i>Barometric Condensor I</i> (E-212).....	IV-24
Tabel IV.26 Neraca Energi <i>Steam Jet Ejector I</i> (G-213) .....	IV-24
Tabel IV.27 Neraca Energi <i>Vacuum Pan Crystallizer</i> (V-220) .....	IV-25
Tabel IV.28 Neraca Energi <i>Barometric Condensor II</i> (E-222).....	IV-26
Tabel IV.29 Neraca Energi <i>Steam Jet Ejector II</i> (G-223).....	IV-27

Tabel IV.30 Neraca Energi <i>Fluidized Bed</i> Area Panas (B-310).....	IV-27
Tabel IV.31 Neraca Energi <i>Fluidized Bed</i> Area Dingin (B-310).....	IV-28
Tabel IV.32 Neraca Energi <i>Electrical Heater</i> (E-312) .....	IV-28
Tabel VI.1 Perincian Jumlah Karyawan .....	VI-8
Tabel VI.2 Parameter Perhitungan Ekonomi .....	VI-11

## BAB I LATAR BELAKANG

Secara geografis Indonesia membentang dari 6° LU sampai 11° LS dan 92° sampai 142° BT, terdiri dari pulau-pulau besar dan kecil yang jumlahnya kurang lebih 17.504 pulau. Tiga perempat wilayahnya adalah laut (5,9 juta km<sup>2</sup>), dengan panjang garis pantai 95.161 km, terpanjang kedua setelah Kanada. Indonesia sebagai Negara maritime, mengakui eksistensi sector kelautan serta pengelolaan wilayah pesisir sebagai salah satu agenda pembangunan nasional. Namun faktanya, pembangunan bidang kelautan hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal, padahal tersimpan potensi sumber daya alam dan jasa-jasa lingkungan yang sangat besar (Lasabuda, 2013).



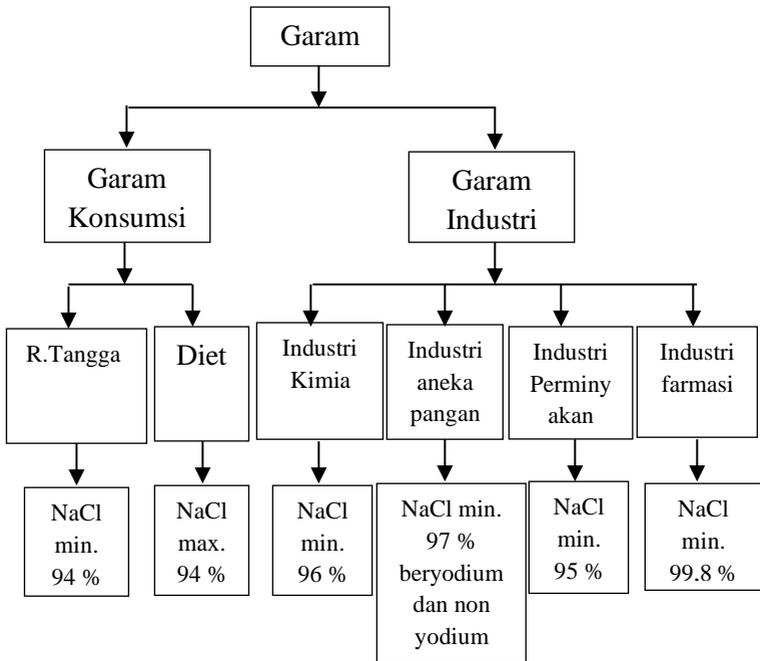
**Gambar I.1** Peta persebaran sentra produksi garam di Indonesia

Sehubungan dengan Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki laut yang luas dengan berbagai sumber daya hayati dan non-hayati yang sangat tinggi. Laut Indonesia kurang lebih 70% dari luasan Indonesia, menyimpan banyak potensi untuk dimanfaatkan, antara lain garam. Tidak semua air dapat digunakan untuk membuat garam, air yang dapat digunakan yaitu air yang memiliki kadar garam atau salinitas tinggi. Air yang baik untuk membuat garam yaitu air laut. Masyarakat yang memanfaatkan laut

sebagai bahan untuk pembuatan garam biasanya masyarakat pesisir. Masyarakat ini pada umumnya masih menggunakan sistem pembuatan garam secara tradisional dengan memanfaatkan panas matahari untuk membantu proses evaporasi (Cinthia, 2013).

Garam diklasifikasikan sebagai garam konsumsi dan garam industri di Indonesia. Klasifikasi garam sebagai garam konsumsi dan garam industri ini didasarkan pada kandungan zat kimia yang diperlukan oleh masing-masing pengguna. Selain garam dengan kualitas kadar NaCl yang tinggi, kualitas garam lain yang dipersyaratkan oleh industri adalah batas maksimal kandungan logam berat seperti kalsium dan magnesium yang tidak boleh melebihi 400 ppm untuk industri aneka pangan, ambang batas maksimal 200 ppm serta kadar air yang rendah untuk industri chlor alkali plan (Gatra, 2015).

Garam merupakan salah satu bahan kimia yang sering dimanfaatkan oleh manusia khususnya dalam bidang konsumsi. Penyusun terbesar garam yaitu senyawa Natrium Klorida. Selain NaCl terdapat pula bahan pengotor antara lain  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ , dan lain-lain. Garam diperoleh dengan tiga cara, yaitu penguapan air laut dengan sinar matahari, penambangan batuan garam (*rock salt*) dan air sumur air garam (*brine*). Garam hasil tambang berbeda-beda dalam komposisinya, tergantung pada lokasi, namun biasanya mengandung lebih dari 95% NaCl (Maulana, 2017).



**Gambar I.2** Block Diagram Pengelompokan Garam menurut SK Menteri Perindustrian Nomor 88/M-IND/PER/10/2014

**Tabel I.1** Produksi garam dan luas lahan (Direktorat Jenderal Industri Kimia, Agro dan Hasil Hutan (IKAH), Departemen Perindustrian dan Perdagangan (DEPERINDAG))

Provinsi	Kabupaten/ Kota	Luas Lahan	
		Lahan Nominatif (Ha)	Lahan Produktif (Ha)
Aceh	Aceh Utara	117	117
	Aceh Timur	29	2
Jawa Barat	Cirebon	1106	926
	Indramayu	590	465
	Karawang	50	20
Jawa Tengah	Brebes	84	84

	Jepara	625	625
	Demak	2266	165
	Rembang	1097	897
	Pati	1777	977
Jawa Timur	Tuban	270	270
	Lamongan	112	102
	Pasuruan	157	45
	Gresik	488	328
	Probolinggo	285	211
	Surabaya	2237	1810
	Pamekasan	1414	975
	Sampang	4849	4246
	Sumenep	2767	1214
	Bangkalan	70	70
Bali	Karangasem	10	10
	Buleleng	16	16
NTB	Bima	732	714
	Sumbawa	653	178
	Lombok Timur	189	142
NTT	Nagekeo	4108	8
	Ende	500	81
	TTU	52	46
	Kupang	4130	491
	Alor	1	1
	Sumba Timur	8	3
	Manggarai	140	53
Sulawesi Tengah	Palu	20	20
Sulawesi Selatan	Jeneponto	534	434
	Pangkep	503	383
	Takalar	152	133

Sentra produksi garam dan luas lahan di Indonesia tersebar di seluruh wilayah seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar I.1** dan **Tabel I.1**. Provinsi dengan produksi garam terbesar adalah di Provinsi Jawa Timur dengan produksi sebesar 745.457,432 Ton, sedangkan provinsi dengan produksi garam terendah adalah provinsi Sulawesi Tengah dengan total produksi 1.195,360 Ton. Data lengkap produksi garam nasional dapat dilihat pada **Tabel I.2**.

**Tabel I.2** Data Produksi Garam di beberapa daerah pada tahun 2017 (Kemenperin, 2017)

<b>Provinsi</b>	<b>Volume Produksi (Kg)</b>
Aceh	34.549,556
Bali	9.880,419
Gorontalo	1.583,672
Jawa Barat	466.640,864
Jawa Tengah	511.564,913
Jawa Timur	745.457,432
NTB	182.186,796
NTT	17.636,108
Sulawesi Selatan	71.947,240
Sulawesi Tengah	1.195,360
Nasional	1.021.321,180

Indonesia saat ini telah mampu memenuhi kebutuhan garam konsumsi dalam negeri, namun kebutuhan garam industri masih belum dapat dipenuhi melalui produksi dalam negeri sehingga pemenuhan kebutuhan garam industri dalam negeri masih mengandalkan impor. Hal ini merupakan permasalahan yang perlu segera diselesaikan. Maka dari itu berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia nomor 88 tahun 2014, salah satu sasaran pemerintah jangka panjang (2010-2025) adalah intensifikasi industri garam untuk meningkatkan produktivitas lahan garam dan kualitas produk garam agar nantinya Indonesia

mampu swasembada garam industri dan aneka industri garam dengan kadar NaCl 95% dan sebagian garam industri telah mampu substitusi impor 30%.

Berdasarkan data Kementerian Perindustrian (2018), menyebutkan kebutuhan garam industri nasional tahun 2018 sekitar 3,7 juta ton. Bahan baku ini akan disalurkan kepada industri *Chlor Alkali Plant* (CAP), untuk memenuhi permintaan industri kertas dan petrokimia sebesar 2.488.500 ton. Selain itu, bahan baku garam didistribusikan pada industri farmasi dan kosmetik sebesar 6.846 ton serta industri aneka pangan 535.000 ton. Sisanya, kebutuhan bahan baku garam sebanyak 740.000 ton untuk sejumlah industri, seperti industri pengasinan ikan, industri penyamakan kulit, industri pakan ternak, industri tekstik dan resin, industri pengeboran minyak, serta industri sabun dan detergen. Sementara itu, produksi garam di Indonesia hanya 1,9 juta ton. Untuk itu penggunaan garam industri impor saat ini sekitar 1,8 juta ton per tahun. Rendahnya produksi ini disebabkan oleh produksi garam hanya mengandalkan dari hasil petani tambak local serta belum adanya industri garam yang digarap secara berkelanjutan untuk mengantisipasi kebutuhan masyarakat membuat pemerintah setiap tahunnya masih mengimpor garam, terutama dari Australia.

Dari jumlah kebutuhan garam dengan kualitas tinggi yang mencapai 61,5% tersebut, hanya sekitar 31% yang bisa dipenuhi oleh kebutuhan garam yang dihasilkan di dalam negeri. Hal itu terlihat dari data KKP (2015) yang menunjukkan bahwa kualitas garam lokal yang dihasilkan, khususnya oleh petambak garam (garam rakyat) tidak seragam sehingga penjualan garam petani tambak juga digolongkan kedalam beberapa kelas sesuai dengan kualitasnya. Kualitas pertama (KW1) adalah garam dengan tingkat NaCl antara 95%-98%, kualitas kedua (KW2) mengandung NaCl antara 90%-95%, dan kualitas ketiga (KW3) berkadar NaCl kurang dari 90% (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atau LPPM ITB, 2016).

Belum terpenuhinya kebutuhan garam Garam (NaCl) dapat diperoleh dari bahan baku berupa air laut, batuan garam, dan

larutan garam alamiah. Teknologi pemurnian garam yang diterapkan di masing-masing negara bergantung pada ketersediaan bahan baku ini. Hal ini pulalah yang mempengaruhi produksi dan kualitas garam yang dihasilkan. Dari total luas area produksi di seluruh Indonesia, telah mencapai 10.967 hektar yang digelar di 40 kabupaten dan kota dengan target produktivitas rata-rata 73,73 ton per hektar (KKP, 2019).

Ada banyak faktor yang diperkirakan berkontribusi terhadap rendahnya produktivitas garam di Indonesia. Pertama, teknik produksi dan peralatan yang digunakan masih sangat tradisional serta produksi garam yang sangat bergantung pada cuaca yang secara umum hanya memungkinkan memproduksi garam hanya dalam waktu 4 bulan (KKP, 2014). Masa produksi ini jauh lebih pendek jika dibandingkan dengan Australia yang iklimnya memungkinkan untuk memproduksi garam hingga 8 bulan sehingga menghasilkan garam yang jauh lebih banyak dengan kualitas tinggi.

Garis pantai perairan Indonesia dapat menjadi salah satu modal untuk memproduksi garam dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan garam nasional. Namun, kualitas garam industri di Indonesia masih menjadi kendala, sehingga kebutuhan garam industri masih mengandalkan garam impor, terutama dari Australia. Pengembangan teknologi pemurnian di Indonesia sendiri masih menggunakan bahan pengendap, dimana proses ini membutuhkan energi yang cukup besar dan hasilnya pun masih belum dapat memenuhi SNI.

Hal ini pulalah yang mempengaruhi produksi dan kualitas garam yang dihasilkan. Indonesia sendiri sebenarnya memiliki modal untuk memproduksi dan memenuhi kebutuhan garam nasional secara mandiri, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun industri. Dari total luas area produksi di seluruh Indonesia, PT. Garam mengelola 5.116 Ha dengan produksi garam mencapai 60 ton/Ha/tahun, sedangkan sisanya seluas 25.542 Ha dikelola secara tradisional oleh rakyat dengan produksi hanya 40 ton/Ha/tahun (KKP, 2010). Hingga saat ini, petani garam hanya dapat

menghasilkan garam dengan kadar 85-95% NaCl melalui proses evaporasi air laut (Kusnarjo, 2000). Kadar ini masih masih belum memenuhi standar kualitas garam industri yang membutuhkan garam dengan kadar minimal 97%.

**Tabel I.3** Kebutuhan, Produksi, Impor dan Ekspor Garam Tahun 2010-2015 (dalam Ton) (KKP, 2016)

Uraian	Tahun					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Kebutuhan</b>	1.802.750	1.802.750	1.803.750	2.027.500	2.251.225	2.447.189
Industri CAP dan Farmasi	1.600.000	1.600.000	1.601.000	1.822.500	1.604.500	1.797.618
Industri Non CAP (perminyakan, kulit, tekstil, sabun)	202.750	202.750	202.750	205.000	200.000	140.000
Industri Aneka Pangan	-	-	-	-	446.725	509.571
<b>Produksi</b>						
PT. Garam (Persero)	4.497	156.713	307.348	156.829	315.000	345.000
<b>Impor</b>	2.083.285	2.835.755	2.212.507	1.922.269	2.267.095	1.861.850
<b>Ekspor</b>	2.064	1.917	2.638	2.849	2.546	1.705

Berdasarkan permasalahan tersebut, pendirian pabrik pembuatan garam industri didesain dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas garam yang akan diproduksi dan industri pengolahan garam ini efektif memberi nilai tambah dan mengurangi impor. Peningkatan produksi garam dapat diatasi dengan pembuatan garam industri dari air laut untuk meminimalisir penyebab menurunnya produksi garam nasional.

## **BAB II**

### **BASIS DESAIN DATA**

#### **II.1 Kapasitas Produksi**

Salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik adalah penentuan kapasitas produksi pabrik. Pra Desain Pabrik Garam Industri dari Air Laut direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2023 dengan mengacu pada kebutuhan nasional terhadap Garam Industri di Indonesia.

Perhitungan kapasitas Pabrik Garam Industri ini mempertimbangkan data impor, produksi, dan konsumsi Garam Industri pada tahun-tahun sebelumnya. Berikut data yang diperoleh dari tahun 2014-2018 :

**Tabel II.1** Jumlah Impor Garam Industri di Indonesia Tahun 2014-2018 (dalam Ton) berdasarkan BPS, Kemenperin, KKP

<b>Tahun</b>	<b>Impor Garam Industri (Ton)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>
2014	1.778.444	-
2015	1.861.849	0,045
2016	2.036.556	0,086
2017	2.196.539	0,073
2018	2170000	-0,012

**Tabel II.2** Jumlah Produksi Garam Industri di Indonesia Tahun 2014-2018 (dalam Ton) berdasarkan BPS, Kemenperin, KKP

<b>Tahun</b>	<b>Produksi Garam Industri (Ton)</b>	<b>Kenaikan (%)</b>
2014	315.000	-
2015	345.000	0,087
2016	138.645	-1,488
2017	916.900	0,849
2018	1.500.000	0,389

**Tabel II.3** Jumlah Konsumsi Garam Industri di Indonesia Tahun 2014-2018 berdasarkan BPS, Kemenperin, KKP

Tahun	Konsumsi Garam Industri (Ton)	Kenaikan (%)
2014	2.128.875	-
2015	2.447.189	0,13
2016	2.674.427	0,085
2017	2.894.915	0,761
2018	3.306.819	0,125

Dari data data diatas dapat dilakukan perhitungan untuk memprediksi nilai kebutuhan garam industri pada tahun 2023 dengan persamaan:

$$F = F_o(1+i)^n \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- F = Perkiraan kebutuhan garam pada tahun 2023
- F<sub>o</sub> = Kebutuhan garam pada tahun terakhir
- i = Perkembangan rata-rata
- n = Selisih waktu

(*Timmerhaus, 2004*)

Berdasarkan data dari BPS, Kemenperin dan KKP, jumlah ekspor garam di tahun 2014 sebesar 2.166 ton, kemudian mengalami penurunan yang sangat tajam di tahun 2017 sebesar 215 ton, sehingga dalam hal ini jumlah ekspor garam industri dapat diabaikan. Dengan menggunakan persamaan (1) dapat diprediksi untuk kapasitas produksi, konsumsi, impor dan ekspor dalam Ton/tahun pada tahun 2023 sebagai berikut :

**Tabel II.4** Proyeksi Impor, Ekspor, Produksi, dan Konsumsi Garam Industri di Indonesia pada tahun 2023

Proyeksi	Garam Industri (Ton)
Ekspor	-
Impor	2.615.578
Produksi	1.268.865
Konsumsi	4.911.281

Dari keterangan diatas dapat diperoleh kebutuhan garam industri yang belum terpenuhi pada tahun 2023 sebesar :

**Kebutuhan Garam = (Ekspor+Konsumsi) – (Produksi + Impor)**

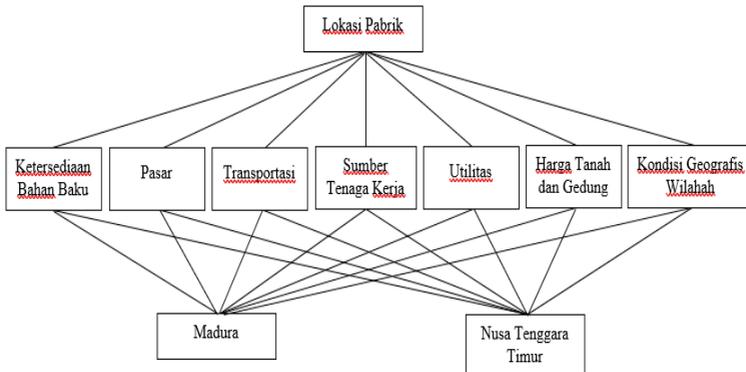
$$\begin{aligned} &= ( 0 + 4.911.281 ) – ( 1.268.865 + 2.615.578 ) \\ &= 1.026.837 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan maka kebutuhan garam industri pada tahun 2023 akan mencapai 1.026.837 Ton/Tahun. Dikarenakan selama ini kebutuhan garam industry dipenuhi dari impor, sehingga diputuskan kapasitas produksi sebesar 75.000 ton/tahun untuk memenuhi sekitar 7,4 % kebutuhan garam industri di Indonesia.

## **II.2 Lokasi Pabrik**

Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelancaran produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Tujuan dari penentuan lokasi suatu pabrik adalah untuk menunjang proses produksi suatu pabrik agar dapat berjalan lancar, efektif, dan efisien. Hal ini berarti dalam menentukan lokasi pabrik perlu adanya faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya biaya produksi dan biaya distribusi dari produk yang akan dihasilkan serta faktor-faktor pendukung lainnya

Dalam penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis, dan menguntungkan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Lokasi pilihan harus dapat memberikan kemungkinan memperluas atau memperbesar pabrik dan memberikan keuntungan dalam jangka panjang, oleh karena itu, telah dilakukan pertimbangan sebagai berikut:



**Gambar II.1** Struktur Hierarki penentuan Lokasi Pabrik Garam Industri

1. Ketersediaan Bahan Baku
2. Pasar
3. Transportasi
4. Sumber Tenaga Kerja
5. Utilitas
6. Harga Tanah dan Gedung
7. Kemungkinan Perluasan Pabrik
8. Kondisi Geografis Wilayah

Dengan berbagai pertimbangan diatas, dipilih pendirian lokasi pabrik di antara Madura dan Nusa Tenggara Timur. Berikut merupakan struktur hierarki dalam penentuan lokasi pabrik garam industri dari air laut :

Beberapa pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik akan dijelaskan sebagai berikut :

### **II.2.1 Faktor Utama dalam Pemilihan Lokasi Pabrik**

#### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

Ketersediaan bahan baku adalah salah satu faktor penting dalam penentuan lokasi pabrik. Jika bahan baku yang dibutuhkan dalam jumlah besar maka dibutuhkan lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku untuk mengurangi biaya transportasi atau pengangkutan bahan.

Ketersediaan bahan baku berupa air laut di Madura melimpah, hal ini menurut Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Jawa Timur (2005), sebagian besar provinsi Jawa Timur dilewati oleh dua aliran sungai yaitu Bengawan Solo dan Kali Brantas, untuk Kali Brantas aliran airnya akan bermuara di Selat Madura. Provinsi Jawa Timur memiliki luas perairan mencapai 110.000 km<sup>2</sup> dimana selat Madura merupakan salah satu wilayah perairan provinsi Jawa Timur yang memiliki lokasi diapit oleh dua pulau yaitu Pulau Jawa dan Pulau Madura. Salah satu luas perairan di Pulau Madura yaitu di Kabupaten Sumenep  $\pm$  50.000 km<sup>2</sup>. Dan kadar logam berat yang terdapat di perairan Madura tidak melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) kandungan logam berat yang mana sesuai dengan ketentuan SNI (Setiabudi D, 2014).

Sedangkan ketersediaan bahan baku di Nusa Tenggara Timur dengan luas perairan atau air laut sekitar 200.000 km<sup>2</sup> diluar perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI). Beberapa laut yang terhampar adalah Laut Flores di utara, Laut Sawu di tengah, Samudera Hindia di selatan, dan Laut Timor di tenggara. Untuk status mutu air laut di perairan NTT berdasarkan perhitungan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 termasuk kelas B baik (tercemar ringan), hal ini dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi Zn (Yayu N, 2015).

## **2. Pasar**

Lokasi pemasaran merupakan salah satu aspek dalam pemilihan lokasi pabrik. Salah satu konsumen terbesar dari garam Industri antara lain yang berkaitan dengan Industri Farmasi, Kimia, Aneka Pangan, dan Perminyakan. Suatu daerah bisa menjadi salah satu opsi pemilihan lokasi pabrik karena dekat dengan konsumen (target pasar). Berikut merupakan pabrik pengkonsumsi garam industri di Jawa Timur seperti ditunjukkan oleh **Tabel II.6** :

**Tabel II.5** Target Pasar Garam Industri di Jawa Timur pada Tahun 2015 (*Neraca Garam Nasional, KKP, Kementerian Perindustrian dan Kementerian Perdagangan*)

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Jenis Industri</b>	<b>Kapasitas Produksi (ton/tahun)</b>	<b>Lokasi Perusahaan</b>
PT. Otsuka Indonesia	Farmasi	2418	Malang
PT. Jayamas Medika Industri			Jombang
PT. Amerta Indah Otsuka			Pasuruan
PT. Sanbe Farma			Surabaya
PT. Widatra Bhakti			Pasuruan
PT. Kertas Tjiwi Kimia	Kimia	1.795.200	Sidoarjo
PT. Sumatraco Langgeng Makmur	Pangan	509.571	Surabaya
PT. Susanti Megah			Surabaya
PT. Garindo Sejahtera Abadi	Perminyakan	509.571	Gresik
PT. Sumatraco Langgeng Makmur		140.000	Surabaya

Produksi garam industri hanya terpusat di Pulau Jawa, sedangkan untuk wilayah Nusa Tenggara Timur dengan kebutuhan terbesar garam konsumsi. Hal ini menurut Kementerian Perindustrian (2018), kebutuhan garam nasional tahun 2018 diperkirakan sekitar 4,5 juta ton yang terdiri atas kebutuhan industri 3,7 juta ton dan konsumsi sebesar 800.000 ton. Sector yang

paling banyak menggunakan garam industri adalah industri klor alkali (CAP), industri aneka pangan dan farmasi yang mana industri tersebut terpusat di pulau Jawa.

### **3. Transportasi**

Transportasi merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian lokasi untuk menunjang dalam menjalankan aktivitas pabrik. Jalur transportasi yang baik memungkinkan kelancaran dalam distribusi bahan baku maupun produk.

Madura memiliki pintu gerbang yang dapat dijadikan berbagai kegiatan terutama lintas barang dan jasa yang menghubungkan Jawa dan Madura. Madura memiliki letak yang strategis untuk mendukung perkembangan sector industri, yaitu berseberangan dengan kota Surabaya, kota pusat pemerintahan dan bisnis di Jawa Timur. Saat ini juga telah beroperasi jembatan Suramadu (Surabaya – Madura) yang merupakan jembatan terpanjang di Indonesia. Dengan adanya jembatan penyeberangan Suramadu yang menghubungkan secara langsung jalur darat antara Surabaya dan Sumenep, tentunya akan berdampak positif bagi pengembangan industri dan investasi di kabupaten Sumenep sesuai dengan potensi yang ada. Jalur menuju kabupaten Sampang sangat mudah, serta transportasi darat yang mendukung keberlangsungan proses penyaluran distribusi. Kabupaten Sumenep yang secara geografis berada di ujung Timur Pulau Madura memiliki daratan juga 126 pulau. Gugus pulau paling utara adalah Pulau Karamian yang terletak di Kecamatan Masalembu dengan jarak  $\pm$  151 mill laut dari Pelabuhan Kalianget, dan pulau yang paling timur adalah Pulau Sakala dengan jarak  $\pm$  165 mill laut dari Pelabuhan Kalianget. Kabupaten Sumenep memiliki potensi alam dan berada di posisi strategis dalam Negara Kesatuan Republik Indonesia, karena memiliki keragaman jenis fauna laut dan sumberdaya migas yang cukup besar. Selain itu, wilayah kabupaten ini secara langsung berhadapan dengan Alur Lut Kepulauan Indonesia (ALKI) II, yang dapat dilalui oleh kapal-kapal asing untuk menyebrangi kepulauan di Indonesia (Balai Litbang Sosekling Jatan, 2009).

Sedangkan untuk provinsi Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu provinsi yang cukup tertinggal dalam hal pembangunan infrastruktur. Menurut Kepala Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT mengatakan bahwa 70% infrastruktur jalan kabupaten di provinsi kepulauan dalam kondisi rusak, sedangkan jalan provinsi kondisi 60% rusak, hanya jalan nasional yang mempunyai kondisi baik yaitu 90%. Penanganan terhadap jalan kabupaten dan provinsi di NTT mengalami kendala dikarenakan keterbatasan anggaran. Salah satu wilayah yang berkembang di NTT, khususnya Kupang yang merupakan ibukota provinsi NTT dijadikan sebagai pusat lalu lintas barang, layanan jasa, serta pusat pengembangan wilayah NTT.

#### **4. Tenaga Kerja**

Tenaga kerja merupakan faktor yang turut berpengaruh dalam pemilihan lokasi pabrik, diusahakan pabrik berada di daerah yang masyarakatnya mempunyai latar belakang pendidikan yang cukup maju, sehingga bisa meminimalkan upah tenaga kerja.

Berdasarkan data di Badan Pusat Statistik (BPS) Sumenep, pada tahun 2018 angka pengangguran mencapai 11.067 jiwa. Kebanyakan masyarakat Sumenep yang menganggur rata-rata di lulusan SMK dan Sarjana. Faktor penyebab utama adalah minimnya lapangan pekerjaan yang tersedia bagi para SMK dan sarjana di kabupaten Sumenep. Hal ini disebabkan karena sedikitnya industri yang beroperasi, sehingga penyerapan tenaga kerja pun rendah. Pulau Madura sudah terdapat berbagai institusi pendidikan yang telah mencetak tenaga kerja dan terdidik, seperti Universitas Madura, Universitas Trunojoyo Madura, dan selain itu mampu mengambil tenaga kerja lulusan di Jawa Timur yang lainnya, seperti di kota Surabaya, antara lain Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Universitas Airlangga, dan lain-lain. Selain itu faktor penunjang tenaga kerja antara lain upah tenaga kerja. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur mengenai upah minimum kabupaten/kota di Jawa Timur Tahun 2018, Madura memiliki UMK sebesar Rp 1.645.146,48.

Sedangkan menurut BPS NTT (2017), terdapat empat sector utama dalam penyerap tenaga kerja diantaranya pertanian, jasa, perdagangan dan industri. Menurut data Kopertis wilayah VIII NTT, jumlah lulusan perguruan tinggi terbilang cukup banyak yaitu lebih dari 1000 orang per tahun. Beberapa universitas unggulan yang beroperasi di NTT antara lain universitas Nusa Cendana, Universitas Flores, Universitas Muhammadiyah Kupang, dan Universitas Nusa Nipa. Akan tetapi penyerapan tenaga kerja di daerah NTT didominasi oleh lulusan sekolah dasar, sedangkan untuk lulusan perguruan tinggi kurang dipertimbangkan untuk dijadikan tenaga kerja siap pakai, hal ini dikarenakan kurangnya kualitas perguruan tinggi di NTT. Berdasarkan Peraturan Gubernur Nusa Tenggara Timur mengenai upah minimum kabupaten/kota di NTT Tahun 2019, NTT memiliki UMK sebesar Rp 1.795.000.

#### **5. Utilitas**

Fasilitas utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik untuk menunjang kebutuhan utama suatu produksi. Di wilayah Madura, kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Jawa-Bali sebanyak 26.014,85 MW dan PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Sumenep Madura 400 MW. Untuk sarana penyedia air diperoleh dari sungai yang ada di sekitar Sumenep, yaitu sungai Pasion maupun air laut Jawa. Sedangkan bahan bakar industri berupa minyak bumi dapat diperoleh dari PT Pertamina Persero.

Sedangkan di wilayah NTT, menurut Kementerian ESDM bahwa pemenuhan kebutuhan listrik dan air masyarakat NTT merupakan yang terendah di Indonesia, yaitu hanya sekitar 62% berada di bawah Maluku dan Papua yang sudah mencapai 90% lebih. Untuk total daya listrik yang tersedia yaitu sebesar 224,62 MW. Untuk sarana penyedia air diperoleh dari sungai yang ada disekitar kabupaten Ngada, yaitu sungai Aesesa. Untuk kebutuhan bahan bakar industri berupa minyak bumi yang diperoleh dari PT Pertamina Persero.

## **II.2.2 Faktor Pendukung dalam Pemilihan Lokasi Pabrik**

### **1. Harga Tanah dan Gedung**

Daerah Kabupaten Sumenep (Kecamatan Kalianget) di Madura dan daerah Kabupaten Ngada di NTT bukan termasuk daerah metropolis, sehingga harga tanah dan bangunan masih terjangkau dan relatif murah sehingga dapat mengurangi *capital cost*.

### **2. Kemungkinan Perluasan Pabrik**

Sumenep Madura dan Ngada NTT merupakan daerah yang belum padat penduduk, daerah masih terdapat lahan kosong, sehingga masih banyak terdapat lahan yang dapat dimanfaatkan untuk perluasan area pabrik.

### **3. Kondisi Geografis Wilayah**

Sumenep berada pada lokasi yang cukup strategis untuk produksi garam industri. Posisi geografis Kabupaten Sumenep terletak diantara 113° 32' - 116° 16' Bujur Timur dan 4° 55' - 7° 24' Lintang Selatan, dengan batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Selatan : Selat Madura
- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Barat : Kabupaten Pamekasan
- Sebelah Timur : Laut Jawa dan Laut Flores

**Tabel II.6** Data Topografi dan Iklim di Kabupaten Sumenep  
(*Bappeda.Jatimprof.go.id/Sumenep*)

No.	Jenis Data	Nilai
1.	A. Luas kemiringan lahan (rata-rata)	
	1) Datar (0-8%)	92.489.612,00 Ha
	2) Bergelombang (9-15%)	68.118.664,00 Ha
	3) Agak curam (16-25%)	23.591.103,00 Ha
	4) Curam (25-45%)	7.790.608,00 Ha
	5) Sangat curam (>45%)	875.000,00 Ha
	B. Ketinggian diatas permukaan laut (rata-rata)	
	1) 0-100 m	145.893 Ha
	2) 100-500 m	53.961 Ha
2.	Keadaan iklim (rata-rata)	
	A. Suhu	21,00-34,20 °C
	B. Kelembaban Udara	51,00-98,00 %
	C. Curah Hujan	13,86-75,80 mm/tahun

Sedangkan posisi geografis Kabupaten Ngada terletak diantara 8° 20'24.28" - 8° 57'28.39" Lintang Selatan dan 120° 48'29.26" - 121° 11'8.57" Bujur Timur, dengan batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Selatan : Laut Sawu
- Sebelah Utara : Laut Flores
- Sebelah Barat : Kabupaten Manggarai Timur
- Sebelah Timur : Kabupaten Nagekeo

Kondisi wilayah suatu daerah juga merupakan hal yang cukup penting dalam menentukan lokasi pendirian pabrik. Berikut ini merupakan kondisi wilayah Kabupaten Ngada, berdasarkan data Badan Meteorologi dan Geofisika Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2015 ([www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)).

- Suhu Udara : 15 °C – 37,5 °C
- Tekanan : 1 atm

- Kelembaban Udara : 34% - 37%
- Curah Hujan : 600 mm<sup>3</sup>/tahun
- Kecepatan Angin : 8knot

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut dalam penentuan pendirian lokasi pabrik, dibuat struktur *hierarchy* yaitu sebagai berikut :

**Tabel II.7** Penentuan Lokasi Pabrik Garam Industri

No	Faktor-Faktor	Madura	NTT
1	Ketersediaan Bahan Baku	√	
2	Pasar	√	
3	Transportasi	√	
4	Sumber Tenaga Kerja	√	
5	Utilitas		√
6	Harga Tanah dan Gedung		√
7	Kondisi Geografis Wilayah		√

Berdasarkan **Gambar II.1** dan **Tabel II.7**, dapat ditarik kesimpulan bahwa pendirian lokasi Pabrik Garam Industri direncanakan akan dibangun di wilayah Madura. Hal ini berdasarkan pertimbangan faktor utama dan faktor pendukung yang dapat mendukung kelancaran dalam keberlangsungan suatu produksi. Sentra produksi garam terbesar yang berada di Provinsi Jawa Timur, kemudian meninjau lahan ladang garam yang memiliki ketersediaan luas lahan produktif yaitu berada di Sumenep dengan luas lahan 2767 Ha, sedangkan lahan produktif didaerah tersebut yaitu 1214 Ha. Oleh karena itu, lokasi pabrik garam industri direncanakan akan dibangun di Kabupaten Sumenep, Madura, khususnya di Kecamatan Kalianget.



**Gambar II.2** Lokasi Pabrik Garam Industri di Sumenep Madura

### **II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk**

Bahan baku yang digunakan dalam produksi garam dibagi menjadi dua, yaitu :

#### **II.3.1 Bahan Baku Utama**

Bahan baku yang digunakan adalah air laut dengan kadar garam tinggi. Indonesia memiliki garis pantai yang panjangnya mencapai 96.161 km yang merupakan potensi besar dan belum banyak dimanfaatkan. Pusat produksi garam di Indonesia tersebar di beberapa daerah dan terkonsentrasi di Jawa dan Madura serta beberapa lokasi di Sulawesi dan Nusa Tenggara. Lahan nominative pusat produksi garam di Indonesia sebesar 32.343 Ha, sedangkan untuk lahan produktif sebesar 14.467 Ha, 25.542 Ha diantaranya dikelola secara tradisional oleh rakyat dengan produksi garam hanya mencapai 40 ton/Ha/tahun.

**Tabel II.8** Komposisi Air Laut di Sumenep Madura berdasarkan PT Garam (2018)

<b>Komponen</b>	<b>g/L</b>
CaSO <sub>4</sub>	0,1
MgSO <sub>4</sub>	0,060
MgCl <sub>2</sub>	0,190
NaCl	34,390
Impuritis	0,0001
H <sub>2</sub> O	
Total	34,740

Komposisi impuritis pada air laut dikelompokkan dalam *trace element*, yang merupakan senyawa dengan kelarutan sangat kecil. Kadar elemen ini di air laut mempunyai nilai kisaran 67,18 µg – 0,024 µg dalam 1 L air laut. Contohnya I, Ba, Fe, Zn, Ar, Cu (Milero, 1982).

### II.3.2 Bahan Baku Pendukung

#### a. *Natrium Carbonate*

Natrium Karbonat merupakan bahan baku pendukung lainnya dalam pengolahan garam industri, berikut spesifikasi dari Natrium Karbonat berdasarkan Perry (2008):

Nama IUPAC	: Natrium Karbonat
Rumus kimia	: Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Berat molekul	: 106 gr/mol
<i>Crystalline form</i>	: <i>Powder</i>
<i>Spesific gravity</i>	: 2,533
<i>Melting Point</i>	: 851 °C
Warna	: Putih
Kelarutan	: 38,8 kg/100 kg H <sub>2</sub> O (30 °C)

#### b. *Calcium Hydroxide*

*Calcium Hydroxide* merupakan bahan baku pendukung lainnya dalam pengolahan garam industri, berikut spesifikasi dari *Calcium Hydroxide* berdasarkan MSDS (2010) :

Nama IUPAC	: $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Rumus kimia	: $\text{Na}_2\text{CO}_3$
Berat molekul	: 74 gr/mol
<i>Density</i>	: 2,24 gr/cm <sup>3</sup> (liquid)
<i>Melting Point</i>	: > 450 °C
Warna	: Putih
Kelarutan	: 0,153 kg/100 kg H <sub>2</sub> O (30 °C)

**c. *Barium Chloride***

*Barium Chloride* merupakan bahan baku pendukung lainnya dalam pengolahan garam industri, berikut spesifikasi dari *Barium Chloride* berdasarkan (<http://www.kelair.bppt.go.id/sib3pop/B3/BariumKlorida.htm>) :

Nama IUPAC	: <i>Barium Chloride</i>
Rumus kimia	: $\text{BaCl}_2$
Warna	: Putih
Berat molekul	: 208 gr/mol
Densitas	: 3,917 gr/cm <sup>3</sup>
<i>Melting Point</i>	: 963 °C
<i>Boiling Point</i>	: 1560 °C
Kelarutan	: 38,2 kg/100 kg H <sub>2</sub> O (30 °C)

### **II.3.3 Kualitas Produk**

Karakter utama yang dapat menjelaskan Garam Industri sebagai produk komersial ditentukan oleh beberapa parameter fisik dan kimia. Dengan adanya standar mutu Garam Industri Indonesia dengan standar mutu yang umum dipakai dalam perdagangan garam industri di pasar internasional, sehingga produk Indonesia bisa bersaing dengan produk sejenis dari Negara pengeksport lainnya dan juga agar produk yang beredar di pasaran dapat terjamin mutu dan keamanannya bagi konsumen. Standar yang mengatur mengenai hal ini adalah SNI 8207:2016 yang ditunjukkan pada **Tabel II.9**.

**Tabel II.9** Standar kualitas Garam Industri menurut SNI 8207:2016

<b>Parameter Uji</b>	<b>Satuan</b>	<b>Persyaratan</b>
Kadar Air	fraksi massa,%	maks. 0,5
Kadar natrium klorida (NaCl)	fraksi massa,%	min. 97
Bagian yang tidak larut dalam air	fraksi massa,%	maks. 0,5
Kadar kalsium (Ca)	fraksi massa,%	maks. 0,06
Kadar magnesium (Mg)	fraksi massa,%	maks. 0,06
Kadar iodium sebagai KIO <sub>3</sub>	mg/kg	min. 30
Cemaran logam		
Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,5
Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 10
Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,1
Arsen (As)	mg/kg	maks. 0,1

Berdasarkan **Tabel II.9** dipilih target produk garam industri yang akan diproduksi antara lain garam industri dengan kandungan NaCl 99,5 %.

## **BAB III**

### **SELEKSI DAN URAIAN PROSES**

#### **III.1 Macam-macam Proses Pembuatan Garam Industri**

Pada proses pembuatan garam (*sodium chloride*) dengan bahan baku air laut (*pre-treatment*) dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya :

1. Proses Solar Evaporasi
2. Proses Elektrodialisis
3. Proses Sedimentasi

Proses *treatment* garam (*sodium chloride*) dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya :

1. Proses *Vacuum Pan*
2. Proses *Open Pan*
3. Proses Pencucian dengan *Brine (Washing)*

##### **III.1.1 Proses Solar Evaporasi**

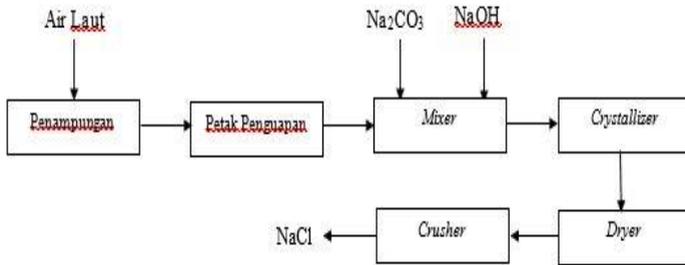
Solar Evaporasi merupakan metode tertua, digunakan sejak pembuatan kristal garam pertama kali dengan kolam penampungan. Penggunaannya praktis hanya di iklim hangat dimana tingkat penguapan melebihi tingkat presipitasi, baik setiap tahun atau untuk waktu yang lama, dan idealnya terdapat angin kencang. Produksi garam laut dengan bantuan sinar matahari akan menguapkan sebagian air asin yang ada di kolam penampungan. Air garam yang terkonsentrasi mengendapkan garam, kemudian dikumpulkan oleh mesin pemanen mekanis. Setiap kotoran yang ada dalam air garam dikeringkan dan dibuang sebelum dipanen. Biasanya dua jenis kolam yang digunakan. Pertama adalah kolam konsentrat, dimana air asin dari lautan atau danau garam terkonsentrasi. Di kolam yang terkonsentrasi air dari laut menguap karena efek sinar matahari dan angin. Garam berkonsentrasi tinggi kemudian dikeringkan ke kolam untuk tahap pengkristalan.

Proses pembuatan garam dari air laut dilakukan dengan pembagian cekungan penguapan menjadi dua. Cekungan pertama disebut kolam pengendapan, digunakan untuk produksi air garam

jenuh NaCl, selanjutnya dimasukkan ke dalam kolam kedua, biasanya disebut *crystallizer*. Produksi garam dilanjutkan kristalisasi untuk meningkatkan kadar NaCl dan menghilangkan impurities berupa  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{CaSO}_4$  yang ada ada kolam pengendapan pertama. Langkah selanjutnya adalah tahap penentuan; ketika air laut masuk pada kolam pengendapan pertama dan mengalir pada kolam berikutnya. Kolam di desain dengan beberapa cekungan yang saling berhubungan, dan air laut akan menguap di bawah sinar matahari dengan konsentrasi yang meningkat. Sehingga saat mencapai lembah terakhir, kepekatan menjadi  $25,7^\circ\text{Be}$ , sesuai dengan air garam jenuh NaCl.

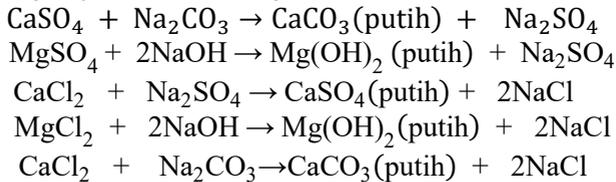
Konsentrasi air laut melalui hasil penguapan matahari secara berurutan yaitu kristalisasi garam yang kurang larut ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) diikuti oleh NaCl dan akhirnya garam magnesium. *Saltworkers* menggunakan Baume empiris ( $^\circ\text{Be}$ ) skala, untuk mengukur konsentrasi air asin; sesuai dengan skala tersebut: konsentrasi air laut  $3,5^\circ\text{Be}$ . Kristalisasi  $\text{CaCO}_3$  dimulai pada  $4,6^\circ\text{Be}$  dan  $\text{CaSO}_4$  pada  $13,2^\circ\text{Be}$ . NaCl mengkristal pada  $25,7^\circ\text{Be}$ , diikuti oleh garam Mg yang lebih mudah larut pada suhu  $30^\circ\text{Be}$ .

Metode ini memiliki beberapa kelemahan mengingat hanya mengandalkan sinar matahari untuk menguapkan air laut, sehingga garam yang dihasilkan masih mengandung impuritis. Metode ini beroperasi secara batch, dan hanya efektif digunakan pada musim kemarau. Selain itu kapasitas produksinya terbatas. Intensitas penyinaran matahari berbeda-beda disetiap daerah, menyebabkan *saturated brine* dan proses pengkristalan garam yang dihasilkan juga tidak seragam. Akibatnya, produk kristal garam yang terbentuk berukuran besar dan berpengaruh pada tingkat kemurnian garam itu sendiri.



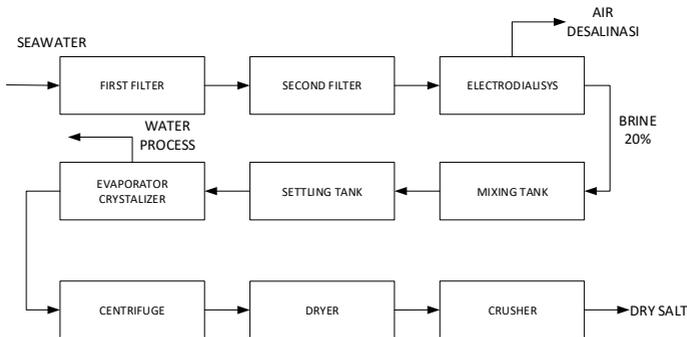
**Gambar III.1** Pembuatan NaCl dengan metode Proses Solar Evaporation (Zamroni, 2012)

Impuritis pada garam dapat diminimalisir dengan kombinasi proses pencucian dan pelarutan cepat saat pembuatan garam. Sedangkan penghilangan impuritis dari produk garam dapat dilakukan dengan proses kimia, mereaksikannya dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  membentuk endapan  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



### III.1.2 Proses Elektrodialisis

Produksi garam dari air laut dapat dilakukan dengan pemekatan kadar garam air laut dengan alat elektrodialisis. Air laut yang hanya memiliki kadar garam sekitar 3 % akan dipekatkan pada elektrodialisis dengan hasil keluaran *brine* dengan konsentrasi 20 %. *Brine* tersebut akan masuk pada *evaporator* dan *crystallizer* sehingga akan didapatkan garam padat dengan kemurnian hingga 99 %.



**Gambar III.2** Pembuatan NaCl dengan metode Proses Elektrodialisis (Kawate, 1983)

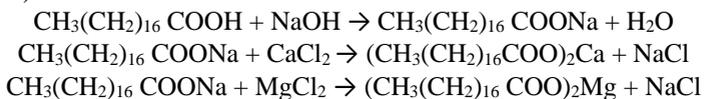
Proses ini tidak bergantung akan cuaca sehingga dapat produksi garam industri dapat bekerja dengan konsisten. Prinsip dasar elektrodialisis dengan *ion exchange membrane* yaitu serangkaian dari *anion* dan *cation-exchange membrane* dipasang bergantian diletakkan diantara dua elektroda dan terpasang dalam aliran arus listrik secara langsung. Membrane yang digunakan menerapkan prinsip nanofiltrasi. Sehingga pemisahan antara garam-garam bervalensi tunggal dengan anion-anion lain dengan berbagai muatan dapat berlangsung secara efektif. Akibatnya, komponen garam yang diinginkan dapat lolos secara selektif melalui membran untuk membentuk *concentrated brine*, yang selanjutnya akan diumpukan ke evaporator dan *crystallizer* untuk menghasilkan kristal garam (Kawate, 1983).

Metode ini memiliki kelemahan diantaranya konsumsi energi yang cukup tinggi, karena tingkat energy yang rendah cenderung menghasilkan konsentrasi *brine* yang lebih rendah dan menyebabkan beban konsumsi energy yang digunakan pada proses *Evaporation* dan *Crystallization* cukup tinggi, untuk itu perlu adanya fasilitas pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik dan uap. Hal ini membuat biaya operasi yang diterapkan cukup mahal.

### III.1.3 Proses Sedimentasi

Pembuatan garam industri dari air laut dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu penambahan asam stearat dan natrium hidroksida (proses flotasi), penambahan natrium karbonat, dan modifikasi penggabungan metode pengendapan dan mikrofiltrasi dengan membrane. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode modifikasi memberikan hasil terbaik.

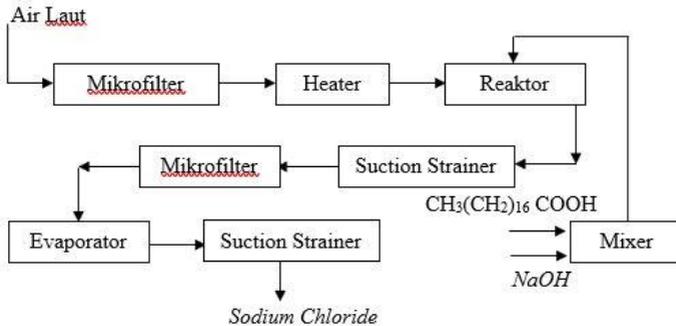
Proses flotasi merupakan modifikasi proses flotasi yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Khader (2006). Proses ini menggunakan flokulan yaitu asam stearat dan NaOH namun ditambahkan unit filtrasi. Proses flotasi ini berjalan efektif jika air laut yang digunakan mengandung konsentrasi Mg dan Ca yang cukup tinggi (17.650-44.000 mg/L), mengingat nantinya Mg dan Ca akan dipisahkan secara flotasi sebagai kalsium stearat dan magnesium stearat sesuai dengan reaksi sebagai berikut (Khader, 2006):



Proses flotasi dan mikrofiltrasi ini telah diterapkan oleh Widayat (2009) untuk air laut di daerah Kabupaten Rembang, Jawa Tengah, Indonesia. Proses ini meliputi tahap pembuatan larutan natrium stearate, proses reaksi (terbentuknya kalsium stearat dan magnesium stearat), proses filtrasi, dan proses pembentukan kristal garam. Pembuatan natrium stearat dilakukan dengan cara mereaksikan asam stearat dan NaOH dengan perbandingan berat 1:1. Air laut terlebih dahulu disaring dan dipanaskan atau diuapkan airnya hingga tingkat kepekatan kurang lebih 20 °Be. Selanjutnya direaksikan dengan larutan natrium stearate dalam reaktor berpengaduk pada suhu 81,5 °C dengan konversi 94,5%. Padatan yang terbentuk selanjutnya disaring menggunakan mikrofiltrasi, memisahkan filtrate dengan endapannya, dan filtrate yang dihasilkan selanjutnya diuapkan pada evaporator hingga diperoleh NaCl. NaCl yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 96,19%. Diperlukan konsentrasi asam stearate berlebih untuk dapat

mengubah semua Mg dan Ca sebagai kalsium stearate dan magnesium stearate (Widayat, 2009).

Proses ini akan berjalan optimum apabila rasio Ca/Mg 2. Apabila rasio Ca/Mg terlalu besar ataupun terlalu kecil akan mengakibatkan proses pengendapan impuritas tidak berlangsung baik. Penambahan asam stearate yang cukup mempengaruhi penurunan kadar  $\text{Ca}^{2+}$  akan tetapi relatif sedikit mempengaruhi penurunan kadar  $\text{Mg}^{2+}$  (Widayat, 2009).



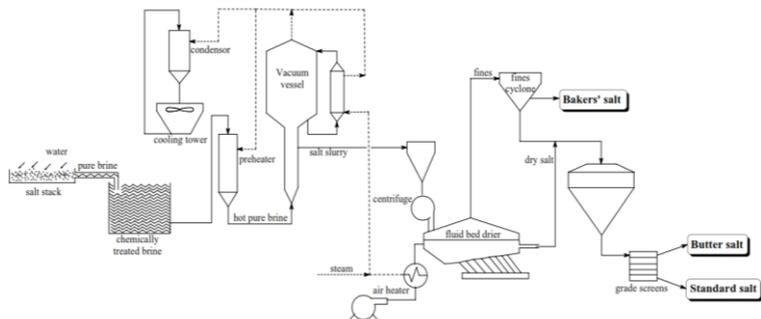
**Gambar III.3** Pembuatan NaCl dengan metode Sedimentasi

### III.1.4 Proses *Vacuum Pan*

Proses pembuatan garam menggunakan metode *vacuum pan* sebelum proses evaporasi, *brine* di proses secara kimia untuk menghilangkan mineral *hardness* yang dapat mempengaruhi kemurnian garam dan juga menyebabkan *scalling* pada evaporator. Proses ini mengurangi tingkat kalsium terlarut, magnesium, dan juga sulfat, tergantung dari jenis prosesnya. Bahan kimia yang digunakan adalah  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (*calcium hydroxyde*);  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (*sodium carbonat*);  $\text{NaOH}$  (*sodium hydroxide*);  $\text{CaCl}_2$  (*calcium chloride*); agen flokulasi; dan  $\text{CO}_2$ . Treatment  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan klorinasi mungkin dapat digunakan untuk menghilangkan  $\text{H}_2\text{S}$  (*hydrogen sulfide*), dan  $\text{HCl}$  (*hydrochloric acid*) berfungsi menetralkan *brine* yang digunakan pada pembuatan diafragma sel dari *chlorine* dan soda kaustik. Pemurnian *brine* menjadi semakin penting untuk

menghasilkan garam dengan kemurnian tinggi (Kirk, R.E and Othmer D, 1993).

Dalam semua proses kristalisasi garam juga dilakukan proses pencucian dan pengeringan garam dengan cara yang sama. Suspensi kristal dikeluarkan dari bagian bawah evaporator yang berbentuk kerucut. Untuk menghilangkan larutan induk dapat menggunakan *centrifuge pusher*. Setelah disentrifugasi, garam memiliki kadar moisture sebesar 2–4%. Pengeringan lebih lanjut dapat dilakukan dengan *fluidized bed dryer*. Pada akhir *fluidized bed dryer* biasanya terdapat zona pendingin dimana udara dialirkan ke dalamnya, atau dapat digunakan pendinginan secara terpisah. Selain itu *rotary vacuum dryer* juga yang biasanya digunakan, di mana suspensi kristal dituangkan ke permukaan drum yang berputar. Larutan induk tersedot ke dalam drum meninggalkan kristal garam pada permukaan drum, yang dikeringkan dengan udara panas. Dalam waktu kurang dari satu putaran, kristal garam yang mengandung larutan induk berubah menjadi garam kering. Kadar air setelah dilakukan proses pengeringan yaitu 0,05% atau kurang. *Rotary cooler* atau *fluidized bed cooler* berfungsi menurunkan suhu garam sebelum penyaringan, penyimpanan, pemrosesan lebih lanjut, dan pengemasan. Suhu garam maks. 40°C, atau lebih baik maks. 30°C. Kemurnian garam yang dihasilkan dari proses *multiple effect evaporator* mencapai 99,97% (Ullman,2012).



**Gambar III.4** Proses Vacuum Pan (Reid, 2012)

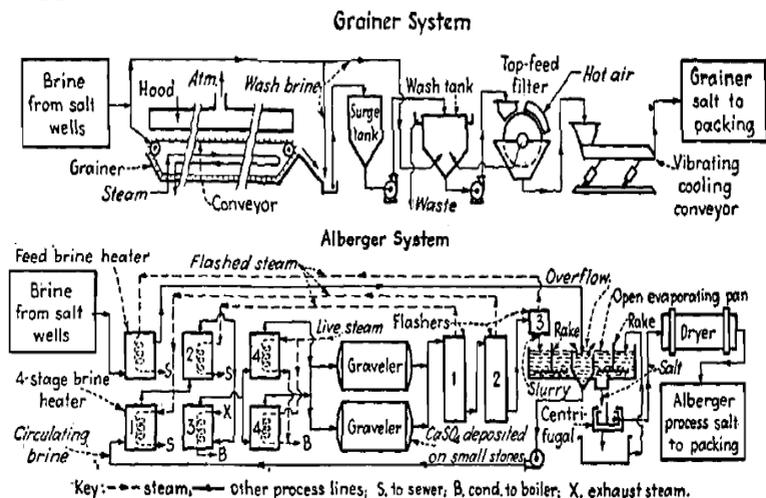
### III.1.5 Proses *Open Pan*

Proses grainer merupakan metode yang menggunakan lebih sedikit utilitas untuk memproduksi garam. Garam yang dihasilkan dari proses grainer berbentuk serpihan bukan kristal. Serpihan terbentuk di permukaan *brine* dan didukung oleh tegangan permukaan. Serpihan garam baru yang terbentuk saling melekat untuk memperbesar ukurannya, serpihan-serpihan itu tenggelam ke dasar panci. Produk ini dikumpulkan menggunakan penggaruk mekanis, dan dikeringkan dengan cara yang sama seperti garam pada proses *vacuum pan*. Proses ini dipengaruhi oleh banyak variabel yang dapat mempengaruhi kualitas produksi, seperti suhu lingkungan, kelembaban, dan kemurnian *feed brine*. Garam dari proses grainer biasanya diaplikasikan untuk makanan (*Kirk, R.E and Othmer D, 1993*).

Kemurnian garam pertama yang diperoleh dari penguapan *brine* biasanya sekitar 95%, garam yang ditambang bervariasi tingkat kemurniannya tergantung pada lokasi di mana dilakukan penambangan. Namun, beberapa garam tambang memiliki kandungan 99,5% NaCl murni. Larutan garam yang diperoleh dari sumur memiliki kemurnian sekitar 98%. Untuk beberapa penggunaan, garam yang diperoleh dari hasil tambang dan penguapan *brine* cukup murni untuk langsung digunakan, namun sebagian besar penggunaan harus memiliki kemurnian yang lebih tinggi. Jika garam hasil penguapan dari *brine* telah dimurnikan dari *impurity* maka padatan dapat dikeringkan dalam kiln pada suhu 300° F. Kemurnian 99,8% mudah diperoleh oleh proses ini (*Shreve.R.Norris, 1956*).

Karena proses grainer tidak efisien dalam hal energi, maka dilakukan modifikasi untuk membuatnya lebih murah. Salah satu variasi yang masih digunakan adalah proses *Alberger*, metode grainer yang dimodifikasi secara radikal yang menghasilkan kombinasi antara garam serpihan dan garam kristal. Garam *alberger* kurang padat daripada garam dihasilkan dari proses evaporasi, dimana garam kristal yang lebih kasar yang dihasilkan. Garam murni dapat diproduksi melalui proses rekristalisasi, tetapi tidak

lagi digunakan secara luas di Amerika Serikat karena alasan ekonomi. *Brine* dibuat dengan melarutkan *halite*, garam batu atau *solar salt* yang dimurnikan dan kemudian diumpankan ke *vacuum pan evaporator* untuk menghasilkan garam dengan kemurnian tinggi (Kirk, R.E and Othmer D, 1993).



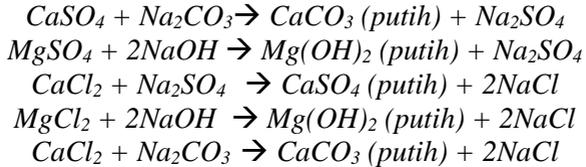
**Gambar III.5** Proses *Grainer System* dan *Alberger System* (Shreve.R.Norris, 1956)

### III.1.6 Proses Pencucian dengan *Brine* (*Washing*)

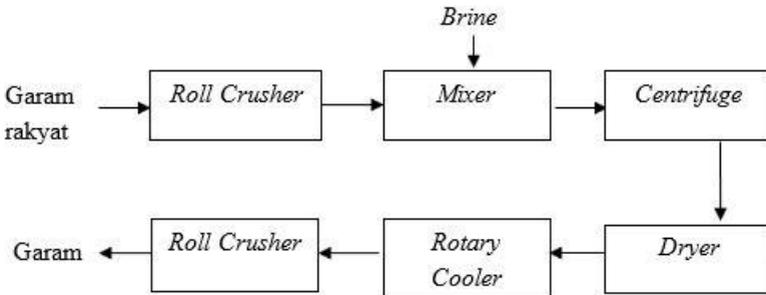
Proses pencucian garam yang baik pada dasarnya mampu meningkatkan kualitas garam, bukan hanya sekedar membersihkan garam dari kotoran lumpur atau tanah, tetapi juga mampu menghilangkan zat-zat pengotor (impurities) seperti senyawa-senyawa Mg, Ca dan kandungan zat pereduksi lainnya. Berikut beberapa uraian tentang proses pencucian:

- Pencucian bertujuan untuk meningkatkan kandungan NaCl dan mengurangi unsur impurities seperti Mg, Ca, SO<sub>4</sub> dan kotoran-kotoran lainnya,
- Kandungan Mg ≤ 10gr/Liter.

Untuk mengurangi impuritis dalam garam, dapat dilakukan dengan kombinasi dari proses pencucian dan pelarutan cepat pada saat pembuatan garam. Sedangkan untuk penghilangan impuritis dari produk garam, dapat dilakukan dengan proses kimia, yaitu dengan mereaksiakannya dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  sehingga terbentuk endapan  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pencucian garam dilakukan dengan menggunakan larutan garam jenuh (*brine*) yang digunakan berulang kali. Tujuannya adalah menghilangkan kotoran dari permukaan garam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nelson Saksono, menunjukkan bahwa zat yang bersifat pereduksi dan higroskopis pada garam adalah yang paling bertanggung jawab terhadap hilangnya Iodium pada garam melalui proses redoks dalam suasana asam karena zat tersebut terbentuk bersamaan dengan pembentukan garam. Kemurnian garam yang dibuat dengan proses pencucian biasanya lebih dari 94,7%.



**Gambar III.6** Pembuatan  $\text{NaCl}$  dengan metode pencucian/*washing*

### III.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian proses yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan perbandingan dari masing-masing proses seperti pada tabel berikut:

**Tabel III.1** Perbandingan Proses *Pre-Treatment* Pembuatan Garam dari Air Laut

No	Parameter	Macam Proses		
		Solar Evaporasi	Elektrodialisis	Sedimentasi
1.	<b>Aspek Teknis</b>			
	Bahan Baku Pembantu	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan NaOH	NaOH, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , CaCl <sub>2</sub> , BaCl <sub>2</sub>	NaOH, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
	Alat tambahan ( <i>pretreatment</i> )	Kolam penguapan, <i>Mixer</i>	<i>Filter</i> , Elektrodialisis, <i>Settling tank</i>	Filter, <i>Settling Tank</i>
	Kemurnian produk	90%	99 %	99 %
2.	<b>Aspek Lingkungan</b>			
	Produk samping	<i>Sludge</i>	Air laut desalinasi	<i>Sludge</i>
	Pengolahan limbah	<i>Filter Press</i>	Desalinasi	<i>Filter Press</i>
3.	<b>Aspek Ekonomi</b>			
	Biaya Operasi	Murah	Mahal	Murah
	Biaya Peralatan	Murah	Mahal	Murah

**Tabel III.2** Perbandingan Proses *Treatment* Pembuatan Garam dari Air Laut

No	Parameter	Macam Proses		
		<i>Vacuum Pan</i>	<i>Open Pan</i>	<i>Washing</i>
1.	<b>Aspek Teknis</b>			
	Bahan Baku Utama	<i>Brine/Garam Rakyat</i>	<i>Brine/Garam Rakyat</i>	Garam rakyat
	Alat tambahan ( <i>pretreatment</i> )	Kolam penguapan, <i>Mixer</i>	<i>Filter, Elektrodialisis, Settling tank</i>	Filter, <i>Settling Tank</i>
	Kemurnian produk	99-99,8 %	98,5-99,4 %	> 94,7 %
	Utilitas	<i>Steam</i> , udara panas	<i>Steam</i> , Generator, air dan udara panas	Air dan udara panas
2.	<b>Aspek Ekonomi</b>			
	Biaya Perawatan	Murah	Mahal	Murah
	Biaya Peralatan	Mahal	Mahal	Murah

Proses sedimentasi yang kami ajukan disini, merupakan penggabungan dari proses sedimentasi dan *vacuum pan*. Untuk proses sedimentasi yang sebelumnya telah diusulkan oleh Khader (2006) dan Widayat (2009). Proses ini menggunakan bahan yang lebih murah dan lebih mudah ketersediaannya yaitu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebagai pengganti asam stearate..

Mempertimbangkan berbagai aspek sebagaimana pada **Tabel III.2** dan **Tabel III.3**, dipilih proses sedimentasi dan *vacuum oan*, proses ini lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses solar evaporasi, elektrodialisis, *open pan*, dan *washing*. Keuntungan dari proses sedimentasi & *vacuum pan* adalah bahan baku berupa air laut yang melimpah dan mudah didapatkan karena Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia, selain itu kemurnian

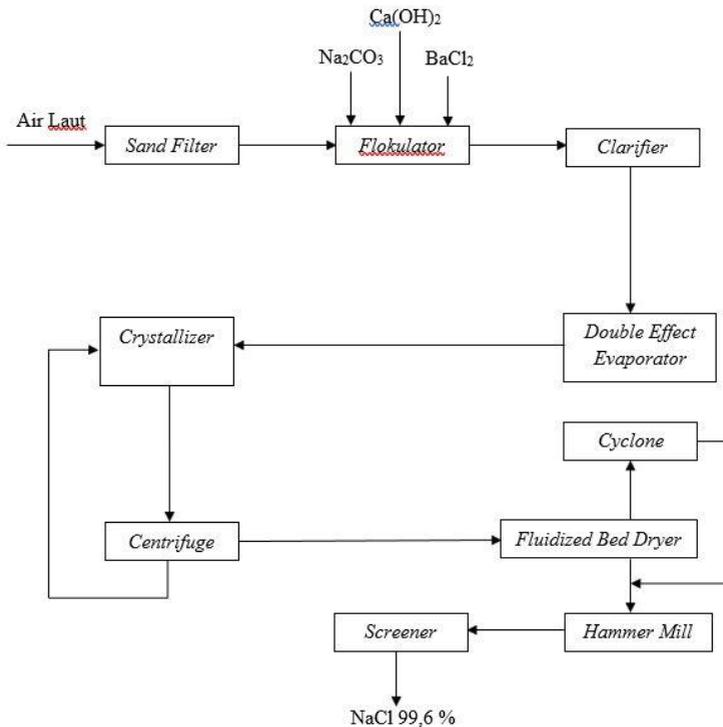
produk yang dihasilkan telah memenuhi standart SNI 8207:2016 yaitu minimal 97%, sehingga produk yang dihasilkan memenuhi standar pasar.

### III.3 Uraian Proses Terpilih

Berikut adalah diagram blok pembuatan garam industri (NaCl) (**Gambar III.4**).

Pembuatan garam industry dengan bahan baku air laut dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

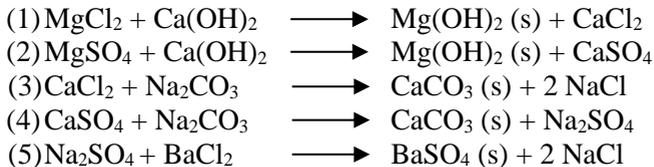
- 1) Tahap *Pre-Treatment* dan Pemurnian bahan baku
- 2) Tahap Pemasakan
- 3) Tahap Pengeringan dan Pengendalian Produk Garam Industri



**Gambar III.7** Blok Diagram Proses Pembuatan Garam Industri

### III.3.1 Tahap *Pre-Treatment* dan Pemurnian Bahan Baku

Bahan baku berupa air laut dengan konsentrasi awal NaCl sebesar 2,862 % dengan suhu 30 °C menuju *Sand Filter* (H-111) untuk menyaring kotoran-kotoran dalam air laut agar tidak mengganggu proses selanjutnya, kemudian dibawa menuju Tangki Penampung Air Laut (F-112), lalu dipompa (L-121) menuju Flokulator (M-120) sebagai tempat pengolahan pertama yang digunakan untuk proses pengendapan impurities/zat pengotor berbentuk *solid*. Dilakukan pembuatan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , dan  $\text{BaCl}_2$  ditambahkan ke dalam Flokulator. Reaksi yang terjadi antara lain (Kaufmann, 1960) :



Produk hasil reaksi dialirkan menuju *Clarifier* (H-130) untuk memisahkan larutan dari pengotor berupa padatan menggunakan proses sedimentasi. Pada *Clarifier*, padatan akan mengendap kemudian *liquid* akan mengalami *overflow* sehingga terpisah dari padatan. Hasil dari proses pemisahan berupa larutan bebas *solid*, yang kemudian ditampung dalam *Feed Brine Tank* (M-140).

### III.3.2 Tahap Pemasakan

Pada tahap ini terjadi proses penghilangan air agar larutan menjadi pekat yang selanjutnya akan dikristalkan sehingga terbentuk kristal garam pada *Evaporator* (V-210). Alat yang digunakan antara lain *Double Effect Evaporator*. Aliran proses *forward flow* dipilih pada proses ini hingga tercapai kondisi *saturated brine*. Kondensat dari *evaporator* dialirkan ke unit pengolahan *steam condensat*, Steam evaporator diperoleh dari boiler dengan suhu 148°C dan tekanan 4,4 atm sementara itu *brine* keluar dari Evaporator Badan I menuju Badan II yang mana dikondisikan vakum (0,36 atm), agar didapatkan kondisi *saturated brine*, yang kemudian dibawa menuju proses lanjutan ke

*Crystallizer* (V-220). Proses kristalisasi dilakukan dengan proses pemanasan lebih lanjut pada kondisi vakum. Untuk mempercepat proses kristalisasi sehingga didapat terbentuknya kristal-kristal garam pada kondisi operasi 70 °C dan 0,23 atm. Sistem *vacuum* terjadi karena uap hasil dialirkan menuju *Barometric Condensor II* (E-222), kemudian *liquid* dialirkan menuju *Jet Ejector II* (G-223) dan dikontakkan dengan *steam*. Keluaran *Jet Ejector* berupa *steam* dialirkan menuju unit pengolahan *steam condensate* bersama dengan keluaran *liquid* dari *Barometric Condenser*, namun sebelumnya ditampung terlebih dahulu di *Hot Well II* (F-224). Produk keluaran *Crystallizer* berupa *slurry* (campuran kristal basah NaCl dan *mother liquor*) dipompa menuju *Centrifuge* (H-230). *Centrifuge* memisahkan kristal-kristal garam basah dengan *mother liquor* yang terbentuk saat proses kristalisasi. *Mother Liquor* selanjutnya dialirkan kembali (*recycle*) menuju *Feed Brine Tank*, sedangkan kristal basah kemudian dibawa menuju proses pengeringan.

### **III.3.3 Tahap Pengeringan dan Pengendalian Produk Garam Industri**

Proses pengeringan kristal NaCl basah dilakukan dengan menggunakan *Fluidized Bed Dryer* (B-310) dengan bantuan udara panas dan udara dingin sebagai pengering. Pada saat proses pengeringan, terdapat komponen *solid* yang terbawa dengan udara panas yang akan dipisahkan dengan *Cyclone* (H-313). Produk kristal kering dari *Fluidized Bed Dryer* dengan suhu 40 °C selanjutnya akan didistribusikan menggunakan *Bucket Elevator* (J-322) menuju *Hammer Mill* (C-320) dengan *Elevator* untuk proses *size reduction* hingga 30 *mesh*. Digunakan bantuan alat berupa *Screener* (H-330) untuk memisahkan garam berdasarkan ukurannya, garam yang tidak sesuai spesifikasi akan dikembalikan ke *Hammer Mill* menggunakan *Bucket Elevator* (J-331) dan produk Kristal NaCl ukuran 30 *mesh* ditampung pada Tangki Penampung Garam Industri (F-340) dengan kadar NaCl 99,6% sebagai produk akhir yang selanjutnya melalui proses *packaging* dan pengiriman ke konsumen.

## BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI

### IV.1 Neraca Massa

Kapasitas produksi garam industri = 75000 ton/tahun  
 = 227272,727 kg/hari  
 = 9469,697 kg/jam  
 Ditetapkan 1 tahun = 330 hari  
 Satuan = kg/jam

Untuk kapasitas pabrik garam industri 9469,697 kg/jam  
 dibutuhkan bahan baku air laut sebesar 329615,2 kg/jam atau  
 329,615 ton/jam

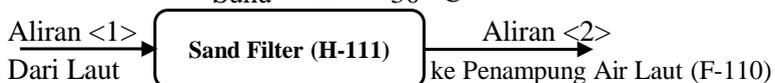
**Tabel IV.1** Komposisi Air Laut di Sumenep Madura berdasarkan PT. Garam (2018)

Komponen	Massa, kg	% Berat
CaSO <sub>4</sub>	27,434	0,008%
MgSO <sub>4</sub>	16,460	0,005%
MgCl <sub>2</sub>	52,124	0,016%
NaCl	9434,429	2,862%
Impuritis	0,018	0,000006%
H <sub>2</sub> O	320084,737	97,109%
Total	329615,202	100%

### 1. Sand Filter

Fungsi : untuk menyaring kotoran-kotoran air laut

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Suhu = 30 °C



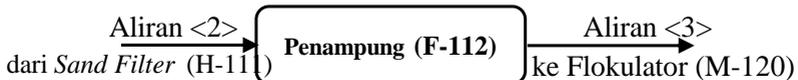
Tabel IV.2 Neraca Massa Sand Filter (H-111)

Neraca Massa			
Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Dari Laut		Ke Penampung Air Laut	
Aliran <1>		Aliran <2>	
CaSO <sub>4</sub>	27,434	CaSO <sub>4</sub>	27,434
MgSO <sub>4</sub>	16,460	MgSO <sub>4</sub>	16,460
MgCl <sub>2</sub>	52,124	MgCl <sub>2</sub>	52,124
NaCl	9434,429	NaCl	9434,429
H <sub>2</sub> O	320084,737	H <sub>2</sub> O	320084,737
Impuritis	0,018	Impuritis	0,018
<b>Total</b>	<b>329615,202</b>	<b>Total</b>	<b>329615,202</b>

## 2. Kolam Penampung Air Laut

Fungsi : untuk menampung air laut agar bila terjadi pasang surut tidak berpengaruh terhadap proses produksi

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
Suhu = 30 °C



**Tabel IV.3 Neraca Massa Tangki Penampung (F-112)**

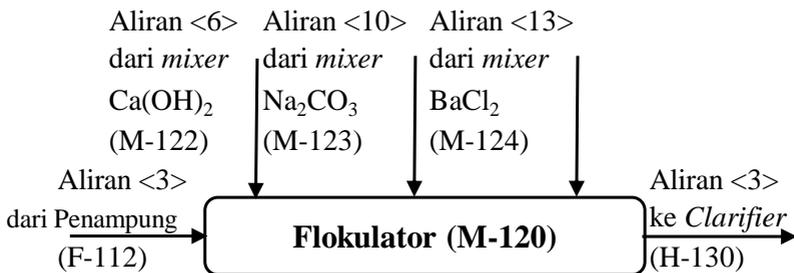
Neraca Massa			
Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Dari Sand Filter		Ke Flokulator	
Aliran <2>		Aliran <3>	
CaSO <sub>4</sub>	27,434	CaSO <sub>4</sub>	27,434
MgSO <sub>4</sub>	16,460	MgSO <sub>4</sub>	16,460
MgCl <sub>2</sub>	52,124	MgCl <sub>2</sub>	52,124
NaCl	9434,429	NaCl	9434,429
H <sub>2</sub> O	320084,737	H <sub>2</sub> O	320084,737
Impuritis	0,018	Impuritis	0,018
<b>Total</b>	<b>329615,202</b>	<b>Total</b>	<b>329615,202</b>

### 3. Tangki Flokulator

Fungsi : Mereaksikan air laut dengan Ca(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan BaCl<sub>2</sub>

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C



Tabel IV.4 Neraca Massa Flokulator (M-120)

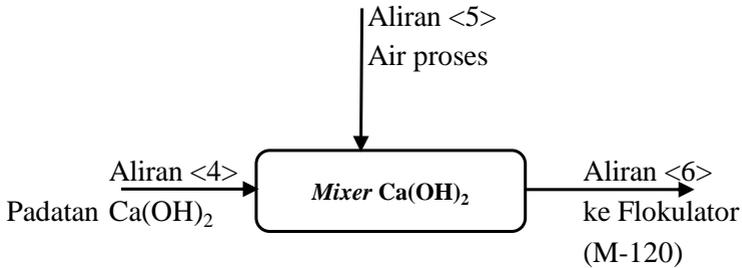
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Tangki Penampung Air Lau			Ke Clarifier		
Aliran <3>			Aliran <14>		
CaSO <sub>4</sub>	27,434	8,3E-05	CaSO <sub>4 (aq)</sub>	0,0008	2,E-09
MgSO <sub>4</sub>	16,460	5,0E-05	MgSO <sub>4 (aq)</sub>	0,000585	2,E-09
MgCl <sub>2</sub>	52,124	1,6E-04	MgCl <sub>2 (aq)</sub>	0,007	2,E-08
NaCl	9434,429	2,9E-02	NaCl (aq)	9434,429	3,E-02
Impuritis	0,018	5,6E-08	Impuritis (s)	0,018	6,E-08
H <sub>2</sub> O	320084,737	9,7E-01	H <sub>2</sub> O (aq)	320123,928	1,E+00
Subtotal	329615,202	1	Ca(OH) <sub>2 (s)</sub>	0,021	6,E-08
<b>Dari Mixer Ca(OH)<sub>2</sub></b>			Na <sub>2</sub> CO <sub>3 (s)</sub>	9,833	3,E-05
<b>Aliran &lt;6&gt;</b>			CaCO <sub>3 (s)</sub>	68,578	2,E-04
Ca(OH) <sub>2</sub>	0,170	0,0015	Mg(OH) <sub>2 (s)</sub>	165,735	5,E-04
H <sub>2</sub> O	110,845	0,9985	BaCl <sub>2 (s)</sub>	0,004	1,E-08
Subtotal	111,014	1	BaSO <sub>4 (s)</sub>	0,044	1,E-07
<b>Dari Mixer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>					
<b>Aliran &lt;10&gt;</b>					
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	21,337	0,280			
H <sub>2</sub> O	54,991	0,720			
Subtotal	76,328	1			
<b>Dari Mixer BaCl<sub>2</sub></b>					
<b>Aliran &lt;13&gt;</b>					
BaCl <sub>2</sub>	0,011	0,276			
H <sub>2</sub> O	0,030	0,724			
Subtotal	0,041	1			
<b>Total</b>	<b>329802,6</b>		<b>Total</b>	<b>329802,6</b>	1

### 3. Mixer $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Fungsi : Melarutkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan penambahan air proses

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C



**Tabel IV.5** Neraca Massa *Mixer*  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (M-122)

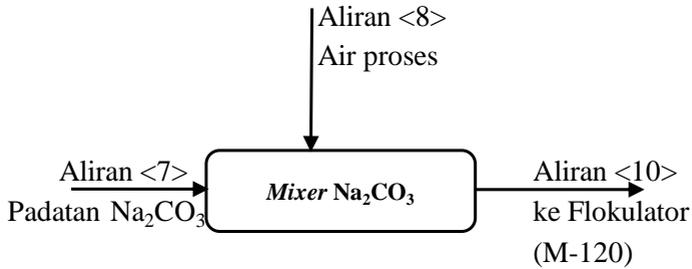
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Padatan $\text{Ca}(\text{OH})_2$			Ke Tangki Flokulator		
Aliran <4>			Aliran <6>		
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,176	0,966	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,170	0,0015
$\text{H}_2\text{O}$	0,006	0,034	$\text{H}_2\text{O}$	110,845	0,9985
Subtotal	0,182	1			
Aliran <5>					
$\text{H}_2\text{O}$	110,832	1			
<b>Total</b>	<b>111,014</b>		<b>Total</b>	<b>111,014</b>	1

#### 4. *Mixer* Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Fungsi : Melarutkan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan penambahan air proses

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C



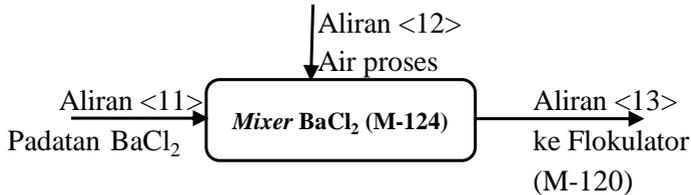
**Tabel IV.6** Neraca Massa *Mixer* Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M-123)

Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Padatan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			Ke Tangki Flokulator		
Aliran <7>			Aliran <10>		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	21,509	0,992	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	21,337	0,280
H <sub>2</sub> O	0,173	0,008	H <sub>2</sub> O	54,991	0,720
Subtotal	21,682	1			
Aliran <8>					
H <sub>2</sub> O	54,646	1			
<b>Total</b>	<b>76,328</b>		<b>Total</b>	<b>76,328</b>	<b>1</b>

### 5. Mixer BaCl<sub>2</sub>

Fungsi : Melarutkan BaCl<sub>2</sub> dengan penambahan air proses

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Suhu = 30 °C



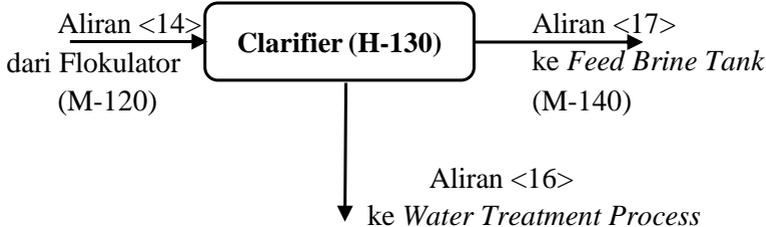
Tabel IV.7 Neraca Massa Mixer BaCl<sub>2</sub> (M-124)

Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Padatan BaCl <sub>2</sub>			Ke Tangki Flokulator		
Aliran <11>			Aliran <13>		
BaCl <sub>2</sub>	0,0114	0,99	BaCl <sub>2</sub>	0,011	0,276
H <sub>2</sub> O	0,0001	0,01	H <sub>2</sub> O	0,030	0,724
Subtotal	0,012	1			
Aliran <12>					
H <sub>2</sub> O	0,029	1			
<b>Total</b>	<b>0,041</b>		<b>Total</b>	<b>0,041</b>	<b>1</b>

### 6. Clarifier

Fungsi : Memisahkan padatan dan liquid dari Tangki Flokulator dengan proses sedimentasi

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Suhu = 30 °C



**Tabel IV.8 Neraca Massa Clarifier (H-130)**

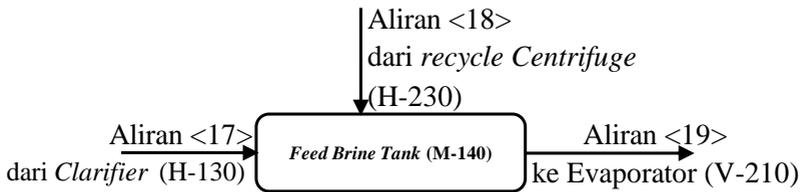
<b>Neraca Massa</b>					
<b>Bahan Masuk</b>			<b>Bahan Keluar</b>		
<b>Dari Flokulator</b>			<b>Ke Feed Brine Tank</b>		
<b>Aliran &lt;14&gt;</b>			<b>Aliran &lt;16&gt;</b>		
CaSO <sub>4</sub>	0,0008	2,E-09	CaSO <sub>4</sub>	0,0008	2,E-09
MgSO <sub>4</sub>	0,0006	2,E-09	MgSO <sub>4</sub>	0,0006	2,E-09
MgCl <sub>2</sub>	0,007	2,E-08	MgCl <sub>2</sub>	0,007	2,E-08
NaCl	9434,429	3,E-02	NaCl	9434,429	3,E-02
Impuritis	0,018	6,E-08	H <sub>2</sub> O	320123,928	1,E+00
H <sub>2</sub> O	320123,928	1,E+00	Subtotal	329558,366	1
Ca(OH) <sub>2</sub>	0,021	6,E-08	<b>Ke Water Treatment Process</b>		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	9,833	3,E-05	<b>Aliran &lt;15&gt;</b>		
CaCO <sub>3</sub>	68,578	2,E-04	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,021	9E-05
Mg(OH) <sub>2</sub>	165,735	5,E-04	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	9,833	0,0403
BaCl <sub>2</sub>	0,004	1,E-08	BaCl <sub>2</sub>	0,004	2E-05
BaSO <sub>4</sub>	0,044	1,E-07	BaSO <sub>4</sub>	0,044	0,0002
			CaCO <sub>3</sub>	68,578	0,2808
			Mg(OH) <sub>2</sub>	165,735	0,6786
			Impuritis	0,018	8E-05
			Subtotal	244,234	1
<b>Total</b>	<b>329802,6</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>329802,6</b>	

**7. Feed Brine Tank**

Fungsi : Menampung aliran sebelum menuju ke Evaporator

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 31,8 °C



**Tabel IV.9** Neraca Massa *Feed Brine Tank* (M-140)

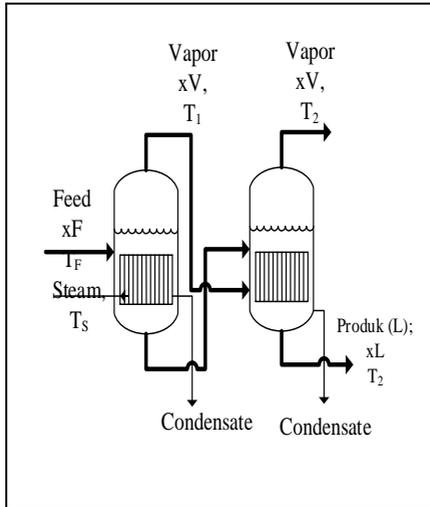
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Clarifier			Ke Evaporator		
Aliran <17>			Aliran <19>		
CaSO <sub>4</sub>	0,0008	2,E-09	CaSO <sub>4</sub>	0,0008	2,E-09
MgSO <sub>4</sub>	0,0006	2,E-09	MgSO <sub>4</sub>	0,0006	2,E-09
MgCl <sub>2</sub>	0,007	2,E-08	MgCl <sub>2</sub>	0,007	2,E-08
NaCl	9434,429	3,E-02	NaCl	9726,216	3,E-02
H <sub>2</sub> O	320123,928	1,E+00	H <sub>2</sub> O	330024,668	1,E+00
Subtotal	329558,366	1			
Recycle Dari Centrifuge					
Aliran <18>					
CaSO <sub>4</sub>	0,000023	2,E-09			
MgSO <sub>4</sub>	0,000018	2,E-09			
MgCl <sub>2</sub>	0,00021	2,E-08			
NaCl	291,786	3,E-02			
H <sub>2</sub> O	9900,740	1,E+00			
Subtotal	10192,527	1			
<b>Total</b>	<b>339750,893</b>		<b>Total</b>	<b>339750,893</b>	<b>1</b>

## 7. Evaporator

Fungsi : Menguapkan air sehingga didapat larutan *saturated brine*

Kondisi Operasi :  $P_I = 1,54 \text{ atm}$        $P_{II} = 0,36 \text{ atm}$

$T_I = 121,386 \text{ }^\circ\text{C}$        $T_{II} = 81,576 \text{ }^\circ\text{C}$



**Tabel IV.10 Neraca Massa Evaporator Badan I (V-210A)**

Neraca Massa Efek I					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Feed Brine Tank			ke Evaporator II		
Aliran <19>			Aliran <21>		
CaSO <sub>4</sub>	0,0008	#####	CaSO <sub>4</sub>	0,0008	4,E-09
MgSO <sub>4</sub>	0,0006	#####	MgSO <sub>4</sub>	0,0006	3,E-09
MgCl <sub>2</sub>	0,007	#####	MgCl <sub>2</sub>	0,007	3,E-08
NaCl	9726,216	0,028627	NaCl	9726,216	0,046
H <sub>2</sub> O	330024,668	0,971372	H <sub>2</sub> O	201636,507	0,954
			Subtotal	211362,732	1
			Aliran <22>		
			H <sub>2</sub> O	128388,161	1
<b>Total</b>	<b>339750,893</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>339750,893</b>	

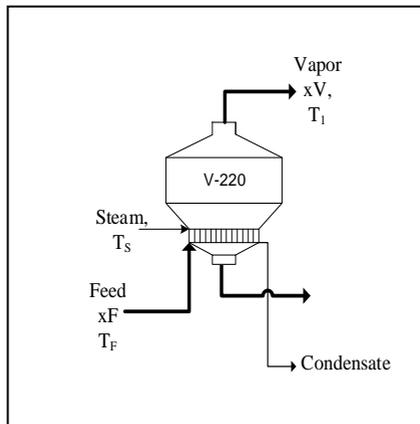
**Tabel IV.11 Neraca Massa Evaporator Badan II (V-210B)**

Neraca Massa Efek II					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Efek I			ke <i>Crystallizer</i>		
Aliran <21>			Aliran <24>		
CaSO <sub>4</sub>	0,001	4,E-09	CaSO <sub>4</sub>	0,001	2,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,001	3,E-09	MgSO <sub>4</sub>	0,001	2,E-08
MgCl <sub>2</sub>	0,007	3,E-08	MgCl <sub>2</sub>	0,007	2,E-07
NaCl	9726,216	0,046	NaCl	9726,216	0,275
H <sub>2</sub> O	201636,507	0,954	H <sub>2</sub> O	25641,833	0,725
			Subtotal	35368,057	1
			Aliran <25>		
			H <sub>2</sub> O	175994,674	1
<b>Total</b>	<b>211362,732</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>211362,732</b>	

### 8. *Crystallizer*

Fungsi : Pemanasan lebih lanjut (menguapkan air), serta membentuk kristal-kristal garam (sodium chloride)

Kondisi Operasi : Tekanan = 0,16 atm  
 Suhu = 60 °C



**Tabel IV.12** Neraca Massa *Crystallizer* (V-220)

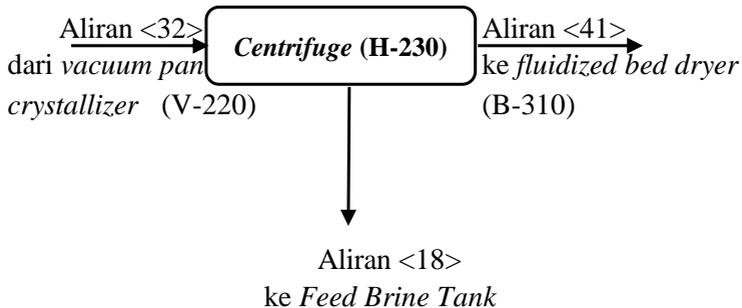
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari <i>Evaporator</i>			Ke <i>Centrifuge</i>		
Aliran <24>			Aliran <32>		
CaSO <sub>4</sub>	0,0008	2,E-08	CaSO <sub>4</sub>	0,0008	3,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,0006	2,E-08	MgSO <sub>4</sub>	0,0006	3,E-08
MgCl <sub>2</sub>	0,007	2,E-07	MgCl <sub>2</sub>	0,00714	3,E-07
NaCl	9726,216	0,275	NaCl	4802,71852	2,E-01
H <sub>2</sub> O	25641,833	0,725	H <sub>2</sub> O	12820,91653	6,E-01
			NaCl (C)	4923,49725	2,E-01
			Subtotal	22547,141	1
			Aliran <34>		
			Uap air	12820,917	1
<b>Total</b>	<b>35368,057</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>35368,057</b>	

### 9. Centrifuge

Fungsi : Memisahkan crystal dengan *mother liquor*

Kondisi Operasi Tekanan = 1 atm

Suhu = 60 °C



**Tabel IV.13** Neraca Massa *Centrifuge* (H-230)

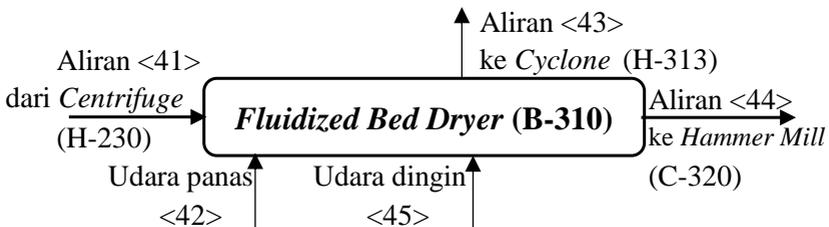
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari <i>Crystallizer</i>			Ke <i>Fluidized Bed Dryer</i>		
Aliran <32>			Aliran <41>		
CaSO <sub>4</sub>	0,0008	#####	CaSO <sub>4</sub>	0,00075	6,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,0006	#####	MgSO <sub>4</sub>	0,00058	5,E-08
MgCl <sub>2</sub>	0,007	#####	MgCl <sub>2</sub>	0,00693	6,E-07
NaCl	9726,216	0,431372	NaCl	9434,42930	#####
H <sub>2</sub> O	12820,917	0,568627	H <sub>2</sub> O	2920,17647	#####
			Subtotal	12354,614	1
			Ke Feed Brine Tank		
			Aliran <18>		
			CaSO <sub>4</sub>	0,00002	2,E-09
			MgSO <sub>4</sub>	0,00002	2,E-09
			MgCl <sub>2</sub>	0,00021	2,E-08
			NaCl	291,786	#####
			H <sub>2</sub> O	9900,740	#####
			Subtotal	10192,527	1
<b>Total</b>	<b>22547,141</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>22547,141</b>	

### 10. *Fluidized Bed Dryer*

Fungsi : Mengeringkan kristal garam dengan udara panas dan dingin

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 40 °C



**Tabel IV.14** Neraca Massa Fluidized Bed Dryer (B-310)

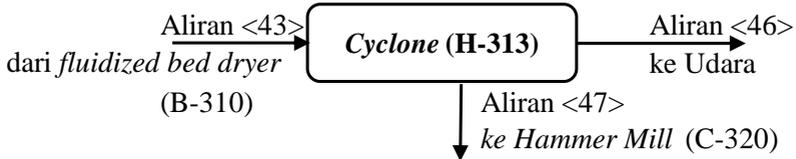
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Centrifuge			Ke Hammer Mill		
Aliran <41>			Aliran <44>		
CaSO <sub>4</sub>	0,001	#####	CaSO <sub>4</sub>	0,001	8,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,001	#####	MgSO <sub>4</sub>	0,001	6,E-08
MgCl <sub>2</sub>	0,007	#####	MgCl <sub>2</sub>	0,007	7,E-07
NaCl	9434,429	0,763636	NaCl	9340,085	#####
H <sub>2</sub> O	2920,176	0,236363	H <sub>2</sub> O	37,135	#####
Subtotal	12354,614	1	Subtotal	9377,228	1
Udara Panas			Ke Cyclone		
Aliran <42>			Aliran <43>		
Udara	125196,001	0,982	CaSO <sub>4</sub>	0,000008	8,E-08
H <sub>2</sub> O	2253,902	0,018	MgSO <sub>4</sub>	0,000006	6,E-08
Subtotal	127449,902	1	MgCl <sub>2</sub>	0,000069	7,E-07
Udara Dingin			NaCl	94,344	#####
Aliran <45>			H <sub>2</sub> O	0,374	#####
Udara	13914,250	0,985	Subtotal	94,718	1
H <sub>2</sub> O	208,714	0,015	ke Udara		
Subtotal	14122,963	1	Aliran <43'>		
			Udara	139110,251	0,963
			H <sub>2</sub> O	5345,283	0,037
			Subtotal	144455,533	1
<b>Total</b>	<b>153927,480</b>		<b>Total</b>	<b>153927,480</b>	

## 11. Cyclone

Fungsi : Memisahkan kristal garam yang terbawa oleh udara proses

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 55 °C



**Tabel IV.15** Neraca Massa Cyclone (H-313)

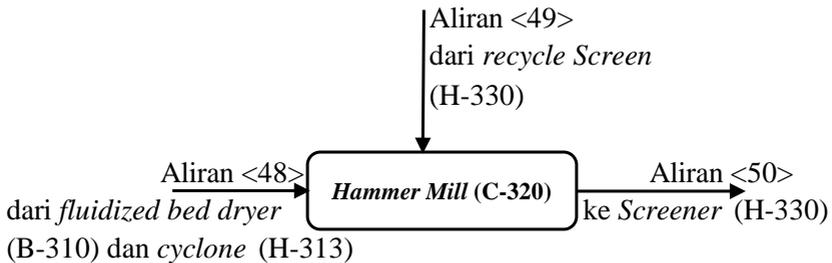
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Fluidized Bed Dryer			Ke Udara		
Aliran <43>			Aliran <47>		
CaSO <sub>4</sub>	0,000008	8,E-08	CaSO <sub>4</sub>	0,000007	8,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,000006	6,E-08	MgSO <sub>4</sub>	0,000006	6,E-08
MgCl <sub>2</sub>	0,000069	7,E-07	MgCl <sub>2</sub>	0,000068	7,E-07
NaCl	94,344	0,99605	NaCl	92,457	#####
H <sub>2</sub> O	0,374	0,00394	H <sub>2</sub> O	0,366	#####
			Subtotal	92,824	1
			Ke Hammer Mill		
			Aliran <46>		
			CaSO <sub>4</sub>	0,0000014	7,E-07
			MgSO <sub>4</sub>	0,0000001	6,E-08
			MgCl <sub>2</sub>	0,0000014	7,E-07
			NaCl	1,887	#####
			H <sub>2</sub> O	0,007	#####
			Subtotal	1,894	1
<b>Total</b>	<b>94,718</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>94,718</b>	

## 12. Hammer Mill

Fungsi : Mereduksi ukuran garam industri agar sesuai spesifikasi produk

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C



**Tabel IV.16** Neraca Massa *Hammer Mill (C-320)*

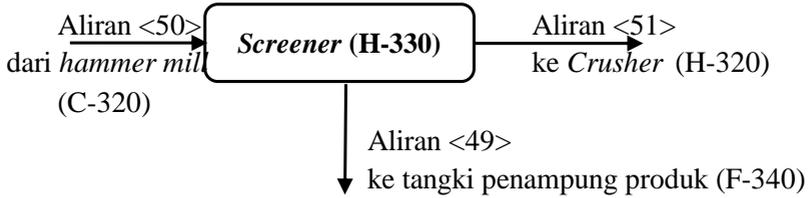
Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Fluidized Bed Dryer dan Cy			Ke Screener		
Aliran <48>			Aliran <50>		
CaSO <sub>4</sub>	0,00075	#####	CaSO <sub>4</sub>	0,001	8,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,00001	#####	MgSO <sub>4</sub>	0,000	1,E-09
MgCl <sub>2</sub>	0,00693	#####	MgCl <sub>2</sub>	0,007	7,E-07
NaCl	9432,542	0,996077	NaCl	9928,992	#####
H <sub>2</sub> O	37,143	0,003922	H <sub>2</sub> O	39,098	#####
Subtotal	9469,693	1			
<i>Recycle Screener</i>					
Aliran <49>					
CaSO <sub>4</sub>	0,000	#####			
MgSO <sub>4</sub>	0,000	#####			
MgCl <sub>2</sub>	0,000	#####			
NaCl	496,450	0,996077			
H <sub>2</sub> O	1,955	0,003922			
Subtotal	498,405	1			
<b>Total</b>	<b>9968,098</b>		<b>Total</b>	<b>9968,098</b>	<b>1</b>

**12. Screener**

Fungsi : Memisahkan kristal garam sesuai standart dan yang di-recycle

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C



**Tabel IV.17 Neraca Massa Screener (H-330)**

Neraca Massa					
Bahan Masuk			Bahan Keluar		
Dari Hammer Mill			Ke Packing Unit		
Aliran <50>			Aliran <51>		
CaSO <sub>4</sub>	0,00079	#####	CaSO <sub>4</sub>	0,00075	8,E-08
MgSO <sub>4</sub>	0,00001	#####	MgSO <sub>4</sub>	0,00001	1,E-09
MgCl <sub>2</sub>	0,00729	#####	MgCl <sub>2</sub>	0,00693	7,E-07
NaCl	9928,99201	0,996077	NaCl	9432,542	#####
H <sub>2</sub> O	39,09767	0,003922	H <sub>2</sub> O	37,143	#####
			Subtotal	9469,693	1
			<b>Ke Hammer Mill</b>		
			<b>Aliran &lt;49&gt;</b>		
			CaSO <sub>4</sub>	0,000040	8,E-08
			MgSO <sub>4</sub>	0,000001	1,E-09
			MgCl <sub>2</sub>	0,000365	7,E-07
			NaCl	496,450	#####
			H <sub>2</sub> O	1,955	#####
			Subtotal	498,405	1
<b>Total</b>	<b>9968,098</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>	<b>9968,098</b>	

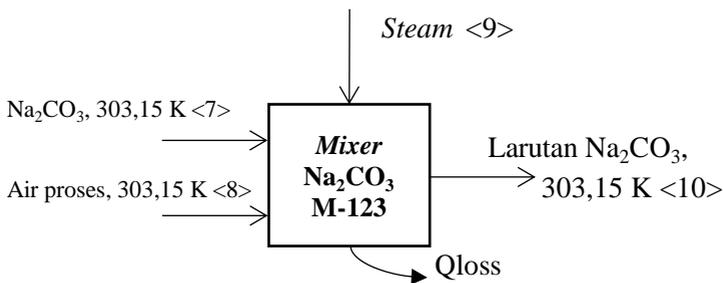
## IV.2 Neraca Energi

Kapasitas produksi	=	75000	ton/tahun
garam industri	=	227272,727	kg/hari
	=	9469,697	kg/jam
Ditetapkan 1 tahun	=	330	hari
Satuan massa	=	kg/jam	
Satuan energi	=	kkal/jam	

### 1. Mixer $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Fungsi : Melarutkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan penambahan air proses

Kondisi Operasi :	Tekanan	=	1	atm
	Tref	=	298,15	K
	Toperasi	=	303,15	K
	Qloss	=	5	%



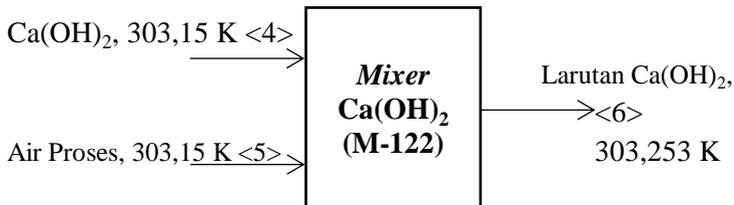
**Tabel IV.18** Neraca Energi *Mixer* Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M-124)

Neraca Energi			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H <7>$	29,862	$\Delta H <10>$	1321,783
$\Delta H <8>$	170,444	Q <sub>loss</sub>	59,025
$\Delta H <9>$	1991,289	H <sub>kondensat &lt;15&gt;</sub>	810,786
<b>Total</b>	<b>2191,595</b>	<b>Total</b>	<b>2191,595</b>

## 2. *Mixer* Ca(OH)<sub>2</sub>

Fungsi : Melarutkan Ca(OH)<sub>2</sub> dengan penambahan air proses

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 T<sub>ref</sub> = 298,15 K  
 T<sub>operasi</sub> = 303,253 K



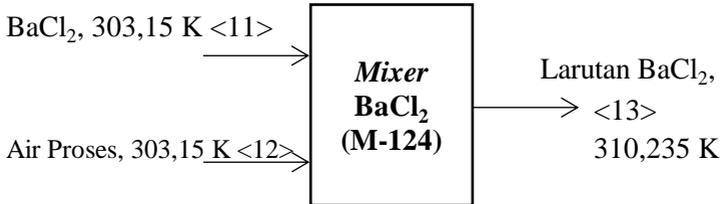
**Tabel IV.19** Neraca Energi *Mixer* Ca(OH)<sub>2</sub> (M-122)

Neraca Energi			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H <4>$	0,273	$\Delta H <6>$	352,981
$\Delta H <5>$	345,695	$\Delta H_s$	-7,013
<b>Total</b>	<b>345,968</b>	<b>Total</b>	<b>345,968</b>

### 3. Mixer BaCl<sub>2</sub>

Fungsi : Melarutkan BaCl<sub>2</sub> dengan penambahan air proses

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Tref = 298,15 K  
 Toperasi = 310,235 K



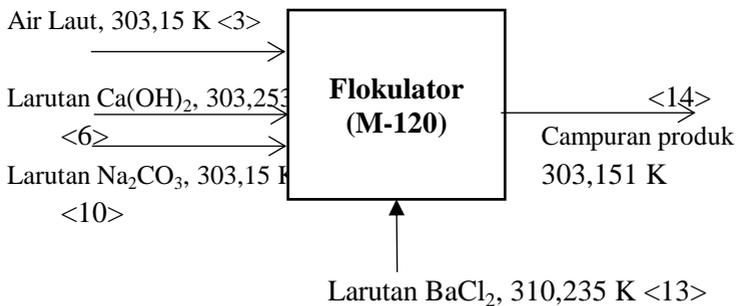
**Tabel IV.20** Neraca Energi Mixer BaCl<sub>2</sub> (M-126)

Neraca Energi			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H <11>$	0,005	$\Delta H <13>$	0,230
$\Delta H <12>$	0,091	$\Delta H_s$	-0,133
<b>Total</b>	<b>0,097</b>	<b>Total</b>	<b>0,097</b>

### 4. Tangki Flokulator

Fungsi : Mereaksikan air laut dengan Ca(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan BaCl<sub>2</sub>

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Tref = 298,15 K  
 Toperasi = 303,151 K  
 Waktu proses = 1 jam



**Tabel IV.21** Neraca Energi Flokulator (M-120)

Neraca Energi			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H <3>$	1011287,951	$\Delta H <14>$	1011841,770
$\Delta H <6>$	352,981		
$\Delta H <10>$	200,608		
$\Delta H <13>$	0,230		
<b>Total</b>	<b>1011841,77</b>	<b>Total</b>	<b>1011841,77</b>

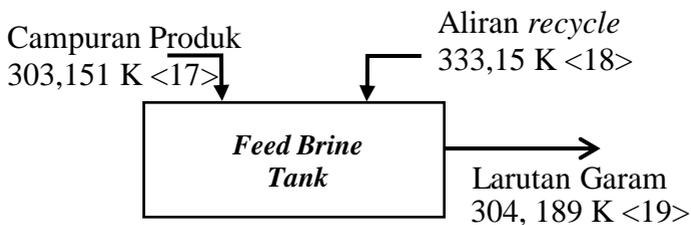
### 5. Feed Brine Tank

Fungsi : Menampung *feed* untuk masuk ke Evaporator

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Tref = 298,15 K

Toperasi = 304,23 K



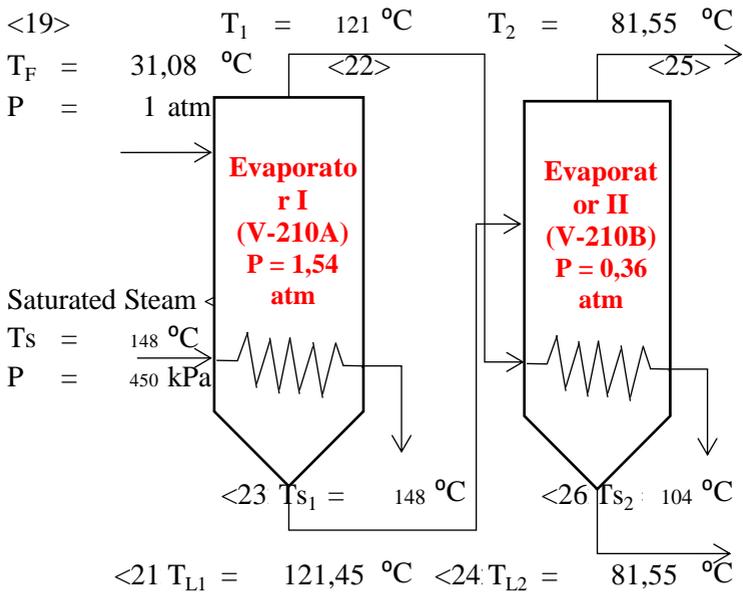
**Tabel IV.22 Neraca Energi *Feed Brine Tank* (M-140)**

Neraca Energi			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H <17>$	1011476,101	$\Delta H <19>$	1255407,574
$\Delta H <18>$	243931,473		
<b>Total</b>	<b>1255407,574</b>	<b>Total</b>	<b>1255407,574</b>

## 6. Evaporator

Fungsi : Menguapkan air sehingga didapat larutan *saturated brine*

Kondisi Operasi :  $T_{ref} = 298,15 \text{ K}$



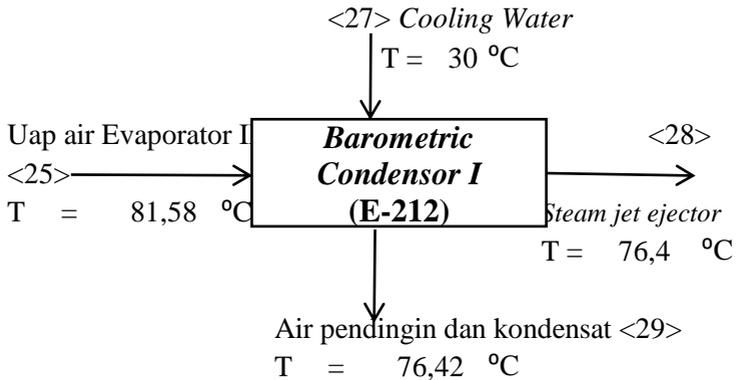
**Tabel IV.23** Neraca Energi Evaporator Badan I (V-210A)

Neraca Energi Evaporator I			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H_F$ <19>	19615178,400	$\Delta H_{L1}$ <21>	47250721,079
$S \cdot \lambda_{S1}$ <20>	110852401,716	$V_1 \cdot H_1$ <22>	83216859,037
<b>Total</b>	<b>130467580,116</b>	<b>Total</b>	<b>130467580,116</b>

**Tabel IV.24** Neraca Energi Evaporator Badan II (V-210B)

Neraca Energi Evaporator II			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H_{L1}$ <21>	47250721,079	$\Delta H_{L2}$ <24>	4609982,072
$V_1 \cdot \lambda_{S2}$ <25>	68737588,733	$V_2 \cdot H_2$ <25>	111378327,740
<b>Total</b>	<b>115988309,812</b>	<b>Total</b>	<b>115988309,812</b>

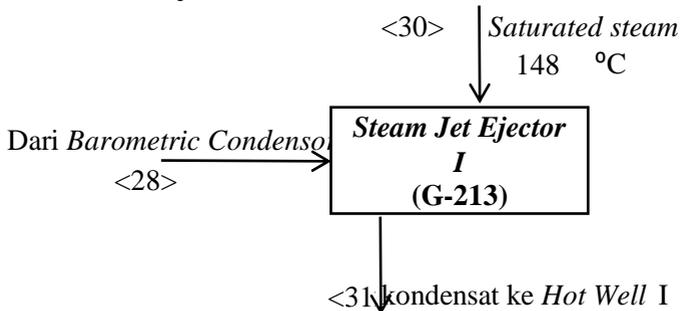
### 7. Barometric Condensor I



**Tabel IV.25** Neraca Energi *Barometric Condensor I* (E-212)

<b>Neraca Energi Barometric Condensor I</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>	<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>
Hsensibel	499444,588	H <26>	453506,802
Hlatent	111312725,424	Hkondensat	12782619,010
Hair pendingin	9983341,471	Hair pendingin	103035087,997
		Qloss	5524297,674
<b>Total</b>	<b>121795511,483</b>	<b>Total</b>	<b>121795511,483</b>

**8. Steam Jet Ejector I**



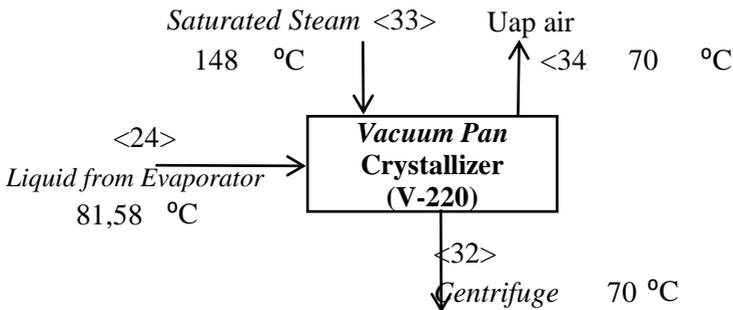
**Tabel IV.26** Neraca Energi *Steam Jet Ejector I* (G-213)

<b>Neraca Energi Steam Jet Ejector</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>	<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>
H uap air <28>	453506,8	H kondensat <31>	8301392816,1
H steam <30>	8737854720,7	Q loss	436915411,4
<b>Total</b>	<b>8738308227</b>	<b>Total</b>	<b>8738308227</b>

### 9. Vacuum Pan Crystallizer

Fungsi : Menguapkan air sehingga didapat larutan *saturated brine*

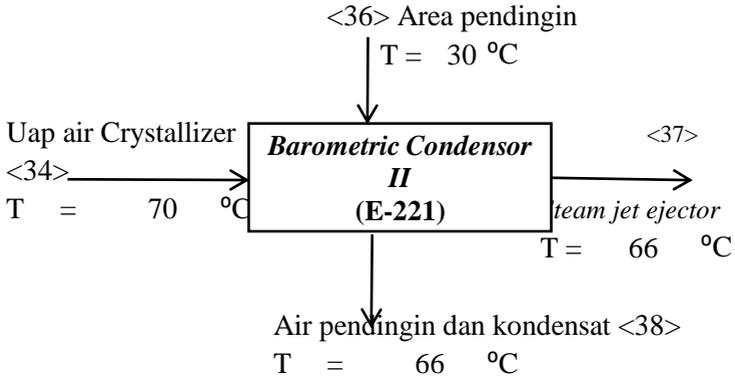
Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Tref = 298,15 K  
 Toperasi = 343,15 K



Tabel IV.27 Neraca Energi Vacuum Pan Crystallizer (V-220)

Neraca Energi Vacuum Pan Crystallizer			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
$\Delta H$ <24>	891995,333	$\Delta H_s$ <32>	369997,566
$Q_{supply}$	8159239,196	$\Delta H$ <34>	8175310,033
		$\Delta H_k$ <32'>	97964,971
		$Q_{loss}$	407961,960
<b>Total</b>	<b>9051234,529</b>	<b>Total</b>	<b>9051234,529</b>

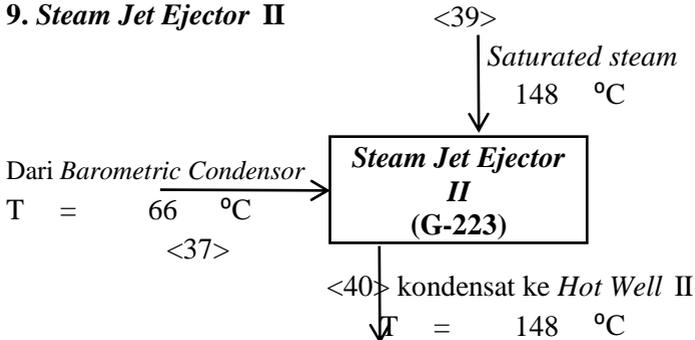
### 10. Barometric Condensor II



Tabel IV.28 Neraca Energi Barometric Condensor II (E-222)

Neraca Energi Brometric Condensor II			
Masuk		Keluar	
Aliran	kkal/jam	Aliran	kkal/jam
Hsensibel	28884,563	H <26>	26313,890
Hlatent	8049240,131	Hkondensat	865080,288
Hair pendingin	949470,790	Hair pendingin	7804993,137
		Qloss	331208,170
<b>Total</b>	<b>9027595,485</b>	<b>Total</b>	<b>9027595,485</b>

### 9. Steam Jet Ejector II



**Tabel IV.29** Neraca Energi *Steam Jet Ejector* II (G-223)

<b>Neraca Energi <i>Steam Jet Ejector</i> II</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>	<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>
H uap air <37>	26313,890	Hkondensat <40>	13600685,12
H steam <39>	14290196,762	Q loss	715825,5326
<b>Total</b>	<b>14316510,65</b>	<b>Total</b>	<b>14316510,65</b>

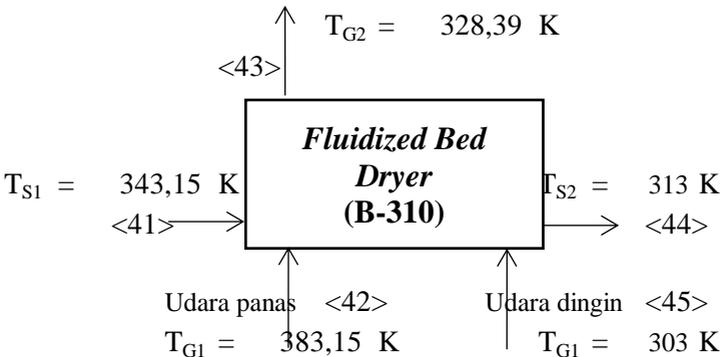
**10. Fluidized Bed Dryer**

Fungsi : Meringkan kristal garam dengan udara panas dan udara dingin

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

T<sub>ref</sub> = 298,15 K

T<sub>G2</sub> = 328,39 K



**Tabel IV.30** Neraca Energi *Fluidized Bed Dryer* Area Panas (B-310)

<b>Neraca Energi <i>Fluidized Bed Dryer</i> (Area Panas)</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>	<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>
Garam basah <41>	158973,247	Kristal garam <44>	112984,266
Udara panas <42>	3843403,519	Garam ke udara <43>	596,811
		Udara keluar <43>	3888795,689
<b>Total</b>	<b>4002376,766</b>	<b>Total</b>	<b>4002376,766</b>

**Tabel IV.31** Neraca Energi *Fluidized Bed Dryer* Area Dingin (B-310)

<b>Neraca Energi <i>Fluidized Bed Dryer</i> (Area Dingin)</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>	<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>
Garam basah <44>	112984,259	Kristal garam <44>	29252,004
Udara dingin <45>	138423,007	Udara keluar <43>	222155,262
<b>Total</b>	<b>251407,266</b>	<b>Total</b>	<b>251407,266</b>

### 11. *Electric Heater*

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk *dryer*

Kondisi Operasi :  $T_{in} = 303,15 \text{ K}$   
 $T_{out} = 383,15 \text{ K}$   
 $T_{ref} = 298,15 \text{ K}$



**Tabel IV.32** Neraca Energi *Electrical Heater* (E-312)

<b>Neraca Energi <i>Electrical Heater</i></b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>	<b>Aliran</b>	<b>kkal/jam</b>
Udara	5158,939	Udara kering <42>	87701,957
Air (uap air)	1254,656	Air (uap air)	21433,888
Pemanas	102722,250		
<b>Total</b>	<b>109135,845</b>	<b>Total</b>	<b>109135,845</b>











**BAB V**  
**DAFTAR HARGA DAN PERALATAN**

<b>No</b>	<b>Kode</b>	<b>Nama Alat</b>	<b>Total</b>	<b>Harga US\$ Per Unit</b>	<b>CE Index</b>	<b>Harga Total US\$, 2020</b>
1	H-111	Sand Filter	1	31.400	576	33.059
2	F-112	Kolam Penampung	1	250	576	250
3	L-121	Pompa Menuju M-120	1	7.500	576	7.896
4	M-120	Tangki Flokulator	2	456.700	576	961.666
5	M-122	Mixer tank $\text{Ca(OH)}_2$	1	18.800	576	19.793
6	M-123	Mixer tank $\text{Na}_2\text{CO}_3$	1	9.500	576	10.002
7	M-124	Mixer tank $\text{BaCl}_2$	1	4.100	576	4.317
8	H-130	Clarifier	1	162.400	576	170.982
9	L-141	Pompa menuju M-140	1	7.500	576	7.896
10	M-140	Feed Brine Tank	1	428.300	576	450.932
11	L-221	Pompa Menuju V-210	1	7.500	576	7.896
12	V-210	Evaporator	2	98.700	576	103.916
13	E-212	Barometric Condenser I	1	20.600	576	21.689
14	G-213	Steam Jet Ejector I	1	100	576	105
15	F-214	Hot Well I	1	100	576	105
16	V-220	Crystallizer	1	218.400	576	229.941

17	E-222	Barometric Condenser II	1	20.600	576	21.689
18	G-223	Steam Jet Ejector II	1	100	576	105
19	F-223	Hot Well II	1	100	576	105
20	L-231	Pompa Menuju H-230	1	7.500	576	7.896
21	H-230	Centrifuge	1	13.700	576	14.424
22	L-232	Pompa recycle dari H-230	1	7.500	576	7.896
23	G-311	Blower	1	300	576	316
24	E-312	Electric Heater	1	40	576	42
25	E-313	Cyclone	1	15.400	576	16.214
26	J-314	Screw Conveyor ke B-310	1	10.800	576	11.371
27	B-310	Fluidized Bed Dryer	1	70.200	576	73.910
28	J-321	Screw Conveyor ke J-322	1	7.600	576	8.002
29	J-322	Bucket Elevator ke C- 320	1	10.800	576	11.371
30	C-320	Hammer Mill	1	22.100	576	23.268
31	H-330	Screenner	1	16.400	576	17.267
32	J-331	Bucket Elevator recycle	1	10.800	576	11.371
33	F-340	Tangki Produk Garam	1	20.800	576	21.899
<b>Total Harga Peralatan, US\$</b>					<b>2.277.440,16</b>	

## **BAB VI**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi dapat dijadikan sebagai salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan menurut neraca massa yang telah tercantum pada appendix A. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan seperti yang tercantum pada appendix C dihitung berdasarkan pada neraca massa dan neraca energi. Selain yang disebut di atas, juga diperlukan analisa biaya untuk operasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

#### **VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia**

##### **VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan**

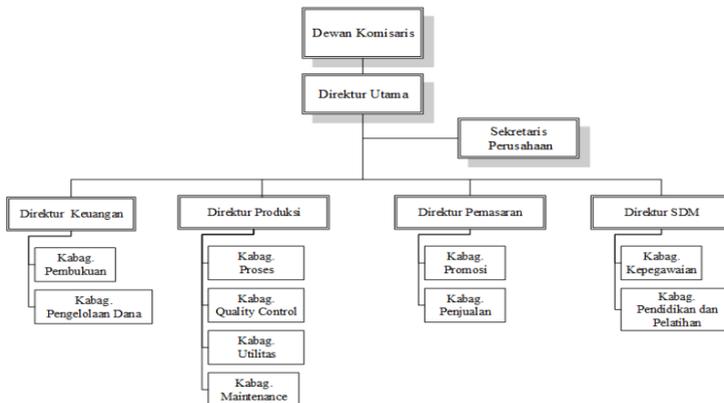
Bentuk badan perusahaan dalam Pabrik Garam Industri ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah organisasi usaha yang memiliki badan hukum resmi yang hanya berlaku pada perusahaan tanpa melibatkan harta pribadi atau perseorangan yang ada di dalamnya. Di dalam PT, pemilik modal tidak harus memimpin perusahaan, karena dapat merujuk orang lain di luar pemilik modal untuk menjadi pimpinan. Hal ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Pemilik modal adalah pemegang saham sedangkan pelaksanaannya adalah dewan komisaris.
2. Tidak melibatkan harta pribadi pemegang saham.
3. Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman.
4. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi ditangani oleh pemimpin perusahaan

## VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi perusahaan ini adalah garis dan staff. Organisasi garis dan staff adalah suatu bentuk organisasi dimana pelimpahan wewenang berlangsung secara vertikal dan sepenuhnya dari pucuk pimpinan ke kepala bagian dibawahnya serta masing – masing pejabat, manajer atau direktur ditempatkan satu atau lebih pejabat staff yang tidak mempunyai wewenang memerintah tapi hanya sebagai penasihat. Alasan pemakaian sistem ini adalah:

- a. Ada pembagian tugas yang jelas.
- b. Kerjasama dan koordinasi dapat dilaksanakan dengan jelas.
- c. Pengembangan bakat segenap anggota organisasi terjamin.
- d. Staffing dilaksanakan sesuai dengan prinsip *the right man on the right place*.
- e. Bentuk organisasi ini fleksibel untuk diterapkan.
- f. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus.
- g. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik. Masing-masing kepala bagian/direktur secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.



**Gambar VI.1** Struktur Organisasi Perusahaan

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

1. Pimpinan

Tugas pimpinan secara garis besar adalah :

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

2. Staff (Pembantu Pimpinan)

- a. Terdiri dari para tenaga ahli yang membantu pemimpin dan yang menjalankan kebijaksanaan perusahaan.
- b. Staff merupakan suatu tim yang utuh dan saling membantu dan saling membutuhkan, setiap permasalahan yang ada dipecahkan secara bersama.

Macam-macam staf antara lain :

a. Staff koordinasi

Biasanya disebut staff umum, yaitu kelompok staff yang membantu pimpinan dalam perencanaan dan pengawasan, juga setiap saat memberikan nasehat kepada pimpinan baik diminta maupun tidak.

b. Staff teknik

Biasanya disebut staff khusus, yaitu kelompok staff yang memberikan pelayanan jasa kepada komponen pelaksana untuk melancarkan tugas pabrik.

c. Staff ahli

Staff ini terdiri dari para ahli dalam bidang yang diperlukan oleh pabrik untuk membantu direktur dalam penelitian.

### **VI.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan**

Pembagian kerja dalam organisasi ini adalah :

1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris bertindak untuk melakukan pengawasan secara umum serta memberi nasihat kepada Direksi.

Tugas dewan komisaris :

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

2. Direktur Utama

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

Tugas direktur utama adalah :

- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana-rencana dan cara melaksanakannya.
- Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
- Mengadakan koordinasi yang tepat dari semua bagian.
- Memberikan instruksi dan kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing.

- Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris, segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan.
- Menentukan kebijakan keuangan.
- Mengawasi jalannya perusahaan.

Selain tugas-tugas diatas, direktur berhak mewakili PT secara sah dan langsung disegala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan.

### 3. Direktur

Direktur bertanggung jawab ke direktur utama dalam pelaksanaan tugasnya, baik yang berhubungan dengan pemasaran, personalia, pembelian, produksi maupun pengawasan produksi.

Tugas Direktur :

- Membantu direktur utama dalam perencanaan maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok dalam bidang masing-masing.
- Bertanggung jawab atas kelancaran, pengaturan, serta pemeliharaan pada bidang yang dibawahahi.
- Mengumpulkan fakta-fakta kemudian menggolongkannya dan mengevaluasinya.

### 4. Kepala Bagian Pembukuan

Kepala Bagian Pembukuan bertanggung jawab dengan segala bentuk pembukuan kegiatan yang telah dilakukan dan merencanakan kegiatan yang akan dilakukan.

### 5. Kepala Bagian Pengelolaan Dana

Kepala Bagian ini bertugas untuk mengadakan kontak dengan pihak penjual bahan baku dan mempersiapkan *order-order* pembelian.

### 6. Kepala Bagian *Quality Control*

Kepala Bagian ini bertanggung jawab langsung kepada Direktur Produksi. Bagian ini juga bertugas mengontrol kualitas produk.

7. Kepala Bagian Proses  
Kepala Bagian ini bertugas mengusahakan agar barang-barang produksi dengan teknik yang memudahkan karyawan sehingga diperoleh produk dengan biaya rendah, kualitas tinggi dan harga yang bersaing yang diinginkan dalam waktu yang sesingkat mungkin.
8. Kepala Bagian Utilitas  
Kepala Bagian utilitas bertugas mengurus bagian utilitas yang diperlukan pabrik seperti menyediakan air pendingin, air proses, *steam*, listrik, bahan bakar dan penanganan limbah. Bagian ini juga bertugas memproses alat utilitas yang sudah digunakan.
9. Kepala Bagian *Maintenance*  
Kepala Bagian ini bertugas mengurus semua masalah yang berhubungan dengan perbaikan dan perawatan seluruh alat-alat yang digunakan dalam pabrik.
10. Kepala Bagian Promosi  
Kepala Bagian Promosi bertanggung jawab atas kesuksesan pemasaran dengan melakukan berbagai promosi ke konsumen
11. Kepala Bagian Penjualan  
Kepala Bagian ini bertugas mengusahakan agar hasil-hasil produksi dapat disalurkan dan didistribusikan secara tepat agar harga jual terjangkau dan mendapat keuntungan optimum.
12. Kepala Bagian Pendidikan dan Latihan  
Kepala Bagian Pendidikan dan Latihan tugasnya mengurus penelitian dan pelatihan terhadap karyawan maupun pelajar yang akan melakukan kerja praktek.
13. Kepala Bagian Kepegawaian  
Kepala Bagian kepegawaian bertugas mengurus kesejahteraan karyawan meliputi gaji, tunjangan dan penerimaan pegawai baru.

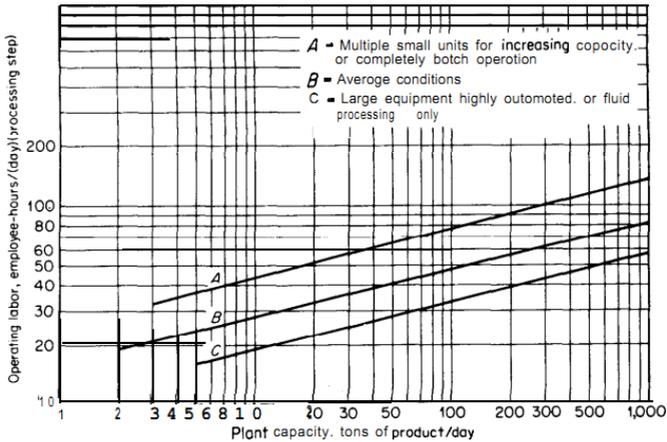
#### VI.1.4 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk proses produksi Pabrik Garam Industri diuraikan sebagai berikut :

##### 1. Penentuan Jumlah Karyawan Operasional

Jumlah karyawan operasional yang dibutuhkan untuk proses produksi Pabrik Garam Industri sebagai berikut :

Kapasitas produksi Garam Industri = 230 ton/hari



**Gambar VI.2** Kebutuhan Pekerja Operator Untuk Industri Kimia

Berdasarkan *figure 6-8 Timmerhaus 4<sup>th</sup> ed.*, hal. 198 untuk *average condition*, maka pada kapasitas 230 ton/hari diperoleh 60 orang.jam/(hari)(tahap proses), dimana dalam pabrik garam industri ini terdiri dari 3 tahapan proses sehingga jumlah karyawan proses yang terkena shift sebanyak 180 orang.jam/hari. Karyawan proses dibagi dalam 3 *shift* kerja dengan 1 *shift* kerja selama 8 jam/hari, jadi jumlah karyawan proses/*shift* adalah 6 orang/*shift*. Satu *shift* terdiri dari 4 grup sehingga jumlah operator total adalah 25 orang.

## 2. Jadwal Jam Kerja

Dalam menjalankan kegiatan sehari-harinya, pembagian jam kerja berdasarkan status karyawan, yaitu karyawan *day shift* dan karyawan *shift*.

### a. Karyawan *Day Shift*

Karyawan ini tidak berhubungan langsung dengan proses produksi. Karyawan *day shift* diantaranya adalah karyawan administrasi, sekretariat, perbekalan, gudang, dan lain-lain.

Jam kerja karyawan diatur sebagai berikut :

Senin – Jumat : 07.00 – 16.00

#### **Istirahat**

Senin – Kamis : 12.00 – 13.00

Jum'at : 11.30 – 13.00

Untuk hari Sabtu, Minggu dan hari besar merupakan hari libur.

### b. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* berhubungan langsung dengan proses produksi. Yang termasuk karyawan *shift* adalah pekerja supervisor, operator dan *security*. Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 group, yaitu A, B, C, D. Jam kerja karyawan diatur sebagai berikut :

Untuk pekerja operasi:

Shift pagi : 08.00 - 16.00

Shift sore : 16.00 - 24.00

Shift malam : 00.00 - 08.00

Untuk pekerja *security* :

Shift pagi : 06.00 – 14.00

Shift sore : 14.00 – 22.00

Shift malam : 22.00 – 06.00

## **VI.1.5 Status Karyawan dan Pengupahan**

### a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan

mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan oleh direksi tanpa SK dari direksi dan mendapat upah harian yang dibayar setiap akhir pekan.

c. Pekerja Borongan

Pekerja borongan adalah tenaga yang diperlukan oleh pabrik bila diperlukan pada saat tertentu saja, misalnya : tenaga *shut down*, bongkar muat bahan baku. Pekerja borongan menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan tertentu.

**Tabel VI.1.** Perincian Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Ijazah	Jumlah
1	Dewan Komisaris	S2	3
2	Direktur Utama	S1	1
3	Sekretaris Perusahaan	S1	1
4	Direktur SDM	S1	1
5	Direktur Pemasaran	S1	1
6	Direktur Proses	S1	1
7	Direktur Keuangan	S1	1
8	Kabag Kepegawaian	S1	1
9	Kabag Pendidikan dan Latihan	S1	1
10	Kabag Promosi	S1	1
11	Kabag Penjualan	S1	1
12	Kabag Proses	S1	1
13	Kabag <i>Quality Control</i>	S1	1
14	Kabag Utilitas	S1	1
15	Kabag <i>Maintenance</i>	S1	1
16	Kabag Pembukuan	S1	1
17	Kabag Pengelolaan Dana	S1	1
18	Karyawan Kepegawaian	S1	2
19	Karyawan Kepegawaian	D3	3

20	Karyawan Pendidikan dan Latihan	S1	5
21	Karyawan Promosi	S1	2
22	Karyawan Promosi	D3	4
23	Karyawan Penjualan	S1	2
24	Karyawan Penjualan	D3	3
25	Karyawan Proses	S1	8
26	Karyawan Proses	D3	24
27	Karyawan <i>Quality Control</i>	S1	5
28	Karyawan <i>Quality Control</i>	D3	8
29	Karyawan Utilitas	S1	5
30	Karyawan Utilitas	D3	8
31	Karyawan <i>Maintenance</i>	S1	5
32	Karyawan <i>Maintenance</i>	D3	8
33	Karyawan Pembukuan	S1	2
34	Karyawan Pembukuan	D3	3
35	Karyawan Pengelolaan Dana	S1	2
36	Karyawan Pengelolaan Dana	D3	3
37	Dokter	S1	1
38	Perawat	D3	2
39	Satpam	SMA	9
40	<i>Office Boy</i>	SMA	6
41	Supir	SMA	3
42	IT	S1	4
Total			146

## VI.2 Utilitas

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada Pabrik Garam Industri ini meliputi :

### 1. Air

Air pada pabrik ini berfungsi sebagai sanitasi, pelarut, dan air minum.

### 2. Listrik

Berfungsi sebagai tenaga penggerak dari peralatan proses maupun penerangan. Kebutuhan listrik untuk proses pabrik ini berasal dari kebutuhan listrik peralatan (heater, pompa). Pemenuhan kebutuhan listrik melalui Sistem Pembangkit Tenaga Surya dan perusahaan listrik negara (PLN).

### 3. Penanganan limbah

Penangan limbah digunakan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran di dalam dan sekitar pabrik.

Maka untuk memenuhi kebutuhan utilitas pabrik diatas, diperlukan unit-unit sebagai penghasil sarana utilitas, yaitu :

#### VI.2.1 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air laut, dimana sebelum digunakan air laut perlu diolah lebih dulu, agar tidak mengandung zat-zat pengotor, dan zat-zat lainnya yang tidak layak untuk kelancaran operasi. Air pada pabrik Garam Industri ini digunakan untuk kepentingan :

1. Air sanitasi, meliputi air untuk laboratorium dan karyawan. Air sanitasi digunakan untuk keperluan para karyawan di lingkungan pabrik. Penggunaannya antara lain untuk konsumsi, mencuci, mandi, memasak, laboratorium, perkantoran dan lain-lain. Untuk unit penghasil air sanitasi diperlukan peralatan sebagai berikut : pompa air sungai, bak pra sedimentasi, bak koagulasi, dan flokulasi, tangki tawas, tangki  $\text{Ca(OH)}_2$ , bak pengendap, bak penampung, pompa *sand filter*, tangki sand filter, bak penampung air bersih, bak penampung air sanitasi, tangki desinfektan, dan pompa air untuk sanitasi. Adapun syarat air sanitasi, meliputi :

- a. Syarat fisik :
    - Suhu di bawah suhu udara
    - Warna jernih
    - Tidak berasa
    - Tidak berbau
    - Kekeruhan  $\text{SiO}_2$  tidak lebih dari 1 mg / liter
  - b. Syarat kimia :
    - pH = 6,5 - 8,5
    - Tidak mengandung zat terlarut yang berupa zat organik dan anorganik seperti  $\text{PO}_4$ , Hg, Cu dan sebagainya
  - c. Syarat bakteriologi :
    - Tidak mengandung kuman atau bakteri, terutama bakteri patogen
    - Bakteri E. coli kurang dari 1/ 100 ml
2. Air proses, meliputi : air proses, air pendingin, dan air umpan boiler
- Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : pompa air boiler, bak pendingin, kation-anion *exchanger*.

### **VI.2.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik**

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk pabrik Garam Industri ini diambil dari PLN dan generator sebagai penghasil tenaga listrik, dengan distribusi sebagai berikut :

- Untuk proses produksi diambil dari PLN dan generator jika sewaktu-waktu ada gangguan listrik dari PLN.
- Untuk penerangan pabrik dan kantor, diambil dari PLN.

### **VI.2.3 Unit Penanganan Limbah**

Bagian ini mempunyai tugas antara lain mencegah dan menanggulangi pencemaran di dalam dan di sekitar area pabrik. Pengelolaan dan pemantauan kualitas lingkungan sesuai dengan standar dan ketentuan perundangan yang berlaku. Pengelolaan bahan berbahaya dan beracun, mencakup: pengangkutan,

penyimpanan, pengoperasian, dan pemusnahan. Pengelolaan *house keeping* dan penghijauan di dalam dan sekitar area pabrik.

### **VI.3 Analisa Ekonomi**

#### **VI.3.1 Asumsi Perhitungan**

Dalam melakukan analisa keuangan pabrik garam industri ini, digunakan beberapa asumsi, antara lain sebagai berikut :

- Modal kerja sebesar 6 bulan biaya pengeluaran, yaitu biaya bahan baku ditambah dengan biaya operasi;
- Eskalasi harga bahan baku sebesar nilai inflasi 3,28 % setiap tahun;
- Eskalasi biaya operasi yang meliputi biaya bahan tambahan, biaya utilitas dan biaya tetap sebesar nilai inflasi 3,28 % setiap tahun;
- Sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 30 % biaya investasi dan pinjaman jangka pendek sebesar 70 % biaya investasi dengan bunga sebesar 9,95% per tahun yang akan dibayar dalam jangka waktu 48 bulan (4 tahun);
- Penyusutan investasi alat & bangunan terjadi dalam waktu 10 tahun secara *straight line*.

#### **VI.3.2 Analisa Keuangan**

Analisa keuangan yang digunakan pada pabrik garam industri ini adalah dengan menggunakan metode *discounted cash flow*. Analisa keuangan untuk pabrik garam industri terdiri dari perhitungan biaya produksi dan aliran kas /kinerja keuangan. Detail perhitungan dapat dilihat pada Appendix D. Tabel VI.2 berikut ini adalah ketentuan maupun parameter yang digunakan untuk perhitungan ekonomi.

**Tabel VI.2** Parameter Perhitungan Ekonomi

<b>PARAMETER</b>	<b>Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
Investasi Total	338.356.750.790	Rupiah
Umur Pabrik	10	tahun
Pajak pendapatan	30%	/tahun
Inflasi	3,28%	/tahun
Depresiasi	10%	/tahun
IRR	39,3%	/tahun
<b>Nama Bahan</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Keterangan</b>
Garam Industri	4.244.400	/ton
<b>OPERASI</b>		
Garam Industri	9,5	ton/jam
Hari Operasi	330	hari
<b>Modal Sendiri (30 %)</b>	136.730.103.152	Rupiah
<b>Modal Pinjam (70 %)</b>	201.626.647.639	Rupiah

### **VI.3.3 Analisa Laju Pengembalian Modal ( *Internal Rate of Return / IRR* )**

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga  $i = 39,3\%$ . Harga  $i$  yang diperoleh lebih besar dari harga  $i$  untuk bunga pinjaman yaitu  $9,95\%$  per tahun. Dengan harga  $i = 39,3\%$  yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman  $9,95\%$  per tahun.

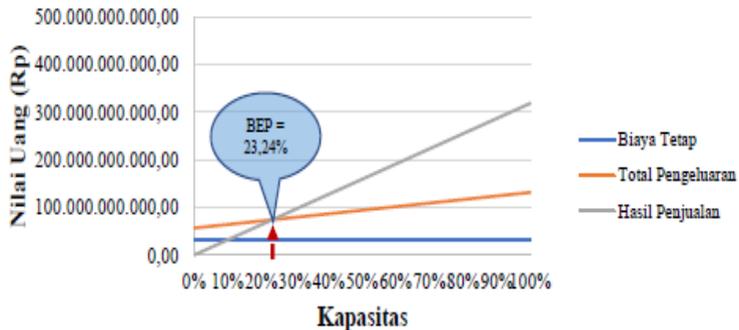
### **VI.3.4 Analisa Waktu Pengembalian Modal ( *Payout Period / POT* )**

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 5 tahun dengan perkiraan usia pabrik 10 tahun. Hal ini menunjukkan

bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

### VI.3.5 Analisa Titik Impas ( *Break Even Point / BEP* )

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC), Biaya variabel (VC) dan Biaya semi variabel (SVC) , untuk biaya tetap tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendix D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) = 23,24% seperti yang disajikan dalam **Gambar VI.3** sebagai berikut :



**Gambar VI.3** Grafik *Break Even Point*

## **BAB VII KESIMPULAN**

Pabrik garam industri dari garam rakyat ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan garam industri dalam negeri sehingga dapat mengurangi beban impor yang terjadi selama ini. Untuk mengetahui kelayakan dari Pra Desain Pabrik Garam Industri dari Air Laut ini dilakukan diskusi dari segi teknis dan ekonomis.

### **VII.1 Segi Teknis**

Dalam Pra Desain Pabrik Garam Industri dari Air Laut dengan beberapa penyesuaian sesuai dengan hasil seleksi dari beberapa proses yang ada. Secara teknis pabrik garam industri ini mempunyai syarat kelayakan karena:

1. Proses ini digunakan secara luas di dunia. Banyak pabrik garam industri menggunakan proses ini. Sebagai contoh PT Garam.
2. Memiliki efisiensi operasi yang baik serta hemat biaya dengan peralatan proses yang telah dikembangkan dan terus ditingkatkan.
3. Kontrol yang baik dari proses ini secara keseluruhan akan menghasilkan mutu yang terjaga baik.

### **VII.2 Segi Ekonomis**

Untuk mengetahui kelayakan Pra Desain Pabrik ini dari segi ekonomi telah dilakukan analisa ekonomi yang meliputi perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Pay Out Time* (POT), *Break Even Point* (BEP), dan Analisa Kepekaan. *Internal Rate of Return* (IRR) pabrik ini adalah 39,3% Angka ini lebih besar dari bunga bank yaitu 9,75%. Modal pabrik akan kembali setelah pabrik beroperasi selama 5 tahun. Waktu ini relatif singkat jika dibandingkan dengan perkiraan umur pabrik 10 tahun. *Break Even Point* yang didapat sebesar 23,24%. Selain itu, dari ketiga parameter sensitifitas yaitu fluktuasi biaya investasi, harga bahan baku, dan harga jual dari produk, terlihat bahwa

ketiganya tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kenaikan atau penurunan nilai IRR pabrik sehingga pabrik Garam Industri dari Air Laut ini layak untuk didirikan.

### VII.3 Kesimpulan

Dari hasil-hasil yang telah diuraikan dalam bab-bab sebelumnya, maka disimpulkan

1. Perencanaan Operasi : kontinyu, 24 jam/hari, 330 hari/tahun
2. Kapasitas Produksi : 75.000 ton/tahun
3. Kebutuhan Bahan Baku
  - Air Laut : 329.615,202 kg/hari
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$  : 1.440 kg/hari
  - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  : 171.720 kg/hari
  - $\text{BaCl}_2$  : 100 kg/hari
4. Umur Pabrik : 10 tahun
5. Masa Konstruksi : 24 bulan
6. Analisa
  - a. Pembiayaan :
    - Struktur Permodalan : 30% modal sendiri dan 70% pinjaman bank
    - Bunga Bank : 9,95% per tahun
    - Total Investasi (TCI) : Rp 289.134.495.235
    - *Total Production Cost* (TPC) : Rp 128.420.085.269
  - b. Penerimaan :
    - Hasil Penjualan (kapasitas 100%) :  
Rp 318.330.000.000
  - c. Rehabilitasi Perusahaan
    - Laju Pengembalian Modal (IRR) : 39,3%
    - Waktu Pengembalian Modal (POT) : 5 tahun
    - Titik Impas (BEP) : 23,24%
7. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas
8. Struktur Organisasi : Garis dan staff
9. Lokasi : Kecamatan Kalianget,  
Kabupaten Sumenep, Madura.

## DAFTAR PUSTAKA

- Austin G.A. 1960. *Shreve's Chemical Process Industries*, 5<sup>th</sup> edition. Mc. Graw Hill Book Company, Inc, New York.
- Badger WL. 1955. *Introduction to Chemical Engineering*. New York : McGraw - Hill
- Brownell, L.E. and Young, F.H, 1959, "*Process Equipment Design*", Willet Eastern Limited, New Delhi.
- Faith, K. a. (1975). *Industrial Chemical*. New Jersey: Interscience Publication.
- Foust, A.S. 1960. *Principles of Unit Operations*, 2<sup>ed</sup>. John Wiley & Sons, N.Y.
- Coulson, Richardson, 1999, *Chemical Engineering, volume 6, third edition*, New York, Butterworth Heinemann.
- Geankoplis Christie John, 1993, *Transport Processes and Separation Process Principle*, 4<sup>th</sup> edition, New Jersey, Pearson Education International.
- Himmelblau, D. M. 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. Singapura:Prentice-Hall International, Inc.
- Hugot, E, 1985, "*Handbook of Cane Sugar Engineering*", 2<sup>nd</sup> edition, Elsevier, Amsterdam.
- Hougen, Watson,dkk, 1954, *Chemical Process Principles*, 2<sup>nd</sup> edition, Singapore, John Wiley & Sons.
- Kern, D.Q, 1950, "*Process Heat Transfer*", 5<sup>th</sup> edition, McGraw Hill Book Company, New York, Toronto , London.
- Kirk-Othmer, 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4<sup>th</sup> edition, John Willey & Sons Inc., USA.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Pabrik Kimia*. Surabaya:ITS Press.

- Ludwig, Ernest E, 1999, “*Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants*”, 3<sup>rd</sup> edition, volume 1, Gulf Professional Publishing, United State of America.
- Mc. Cabe. 2001. *Unit Operation of Chemical Engineering* 6<sup>th</sup> Edition. New York: Mc. Graw-Hill Book.
- Perry, Green, 2008, *Perry’s Chemical Engineers’ handbook*, 8<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Companies, Inc., United State.
- Peter, M.S. and Timmerhous, K.D., 1991, “*Plant Design and Economic for Chemical Engineers*”, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Inc. New York.
- Ulrich Gael D, 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design ang Economics*, Canada, John Willey & Sons, Inc.
- Van Ness, S. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* 4<sup>th</sup> Edition. Singapore: Mc. Graw-Hill.
- Walas, Couper, dkk, 2010, “*Chemical Process Equipment Selection And Design*”, 2<sup>nd</sup> edition, Elsevier, United State of America.
- Kauffman, Dale. 1968. *The Production and Properties of Salt and Brine*. New York : Hafner Publishing Company.
- Kementerian Perindustrian. (2016). *Data Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor Garam Industri*.
- Bank Indonesia. <http://www.bi.go.id/id/Default.aspx> (diakses pada tanggal 20 Juli 2019).
- Chemical engineering’s plant cost index*. <http://www.chemengonline.com/pci-home> (diakses pada tanggal 23 Juni 2016).
- Matches*. <http://www.matche.com/products/default.html> (diakses pada tanggal 20 Juli 2019).

## BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama Grazeila Dinda Dwi Puspita dilahirkan di Surabaya, 3 Juni 1996, merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Kunci Bunga pada tahun 2002, lulus dari SDN Babat Jerawat I Surabaya pada tahun 2008, lulus dari SMP Negeri 26 Surabaya pada tahun 2011 dan lulus dari SMA Negeri 12 Surabaya pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis menempuh pendidikan tahap Diploma III di D-III Teknik Kimia FTI-ITS dan lulus tahun 2017. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS. Pada masa akhir studi tahap sarjana, penulis menyelesaikan tugas akhir dibawah bimbingan Ibu Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T. dan bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Rachimoellah. Dipl. EST. Penulis menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul “**Pra Desain Pabrik Garam Industri (*Sodium Chloride*) dari Air Laut**”.

Alamat email: [grazeilapuspita@gmail.com](mailto:grazeilapuspita@gmail.com)



Penulis yang bernama Nihayatul Fadila dilahirkan di Kediri, 4 April 1996, merupakan anak ke-4 dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharmawanita pada tahun 2002, lulus dari SDN Purwoasri I pada tahun 2008, lulus dari SMP Negeri 1 Kertosono pada tahun 2011 dan lulus dari SMA Negeri 1 Kertosono pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis menempuh pendidikan tahap Diploma III di D-III Teknik Kimia FTI-ITS dan lulus tahun 2017. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS. Pada masa akhir studi tahap sarjana, penulis menyelesaikan tugas akhir dibawah bimbingan Ibu Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T. dan bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Rachimoellah. Dipl. EST. Penulis menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul “**Pra Desain Pabrik Garam Industri (*Sodium Chloride*) dari Air Laut**”.

Email : nihayatulfadila32@gmail.com