



TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803

**PRA DESAIN PABRIK PENGOLAHAN GARAM RAKYAT
MENJADI GARAM INDUSTRI DENGAN METODE
PENCUCIAN**

Oleh :

**Rizal Angga Megantara
NRP. 02211540000 061**

**Mochamad Faisal Fadlia Nurrachmat
NRP. 02211540000 062**

**Dosen Pembimbing 1 :
Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S
NIP. 195108041974121001**

**Dosen Pembimbing 2 :
Siti Nurkhamidah, ST, M.S, Ph.D
NIP. 198405082009122004**

**LABORATORIUM PERPINDAHAN PANAS DAN MASSA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



PLANT DESIGN PROJECT – TK184803

**PLANT PRE DESIGN SALT TABLE PROCESSING TO
INDUSTRIAL SALT WITH WASHING METHOD**

Proposed by :

Rizal Angga Megantara

NRP. 02211540000 061

Mochamad Faisal Fadlia Nurrachmat

NRP. 02211540000 062

Advisor 1 :

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S

NIP. 195108041974121001

Advisor 2 :

Siti Nurkhamidah, ST, M.S, Ph.D

NIP. 198405082009122004

**HEAT AND MASS TRANSFER LABORATORY
DEPARTEMEN OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
AND SYSTEM ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

“Pra Desain Pabrik Pengolahan Garam Rakyat Menjadi Garam Industri Dengan Metode Pencucian”

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

Oleh :

Rizal Angga Megantara
Mochamad Faisal Fadlia N.

NRP. 0221154000061
NRP. 0221154000062

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Penelitian :

1. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S (Pembimbing I)
2. Siti Nurkhamidah S.T., M.S., Ph.D (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng. (Penguji I)
4. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA. (Penguji II)
5. Ir. Ignatius Gunardi M.T. (Penguji III)



PRA DESAIN PABRIK PENGOLAHAN GARAM RAKYAT MENJADI GARAM INDUSTRI DENGAN METODE PENCUCIAN

Nama : 1. Rizal Angga Megantara (0221154000061)

2. Mochamad Faisal Fadlia (0221154000062)

Departemen : Teknik Kimia

Pembimbing : 1. Prof. Ir. Ali Altway M.S.

2. Siti Nurkhamidah S.T., M.S., Ph.D

INTISARI

Garam merupakan kumpulan senyawa kimia dengan komposisi utama yaitu Natrium Klorida (NaCl), dengan zat-zat pengotor terdiri dari CaSO₄, CaCl₂, Mg(HCO₃)₂, dan lain-lain. Garam dapat diperoleh dengan beberapa cara diantaranya penguapan air laut dengan sinar matahari (*solar evaporation*), penambangan batuan garam (*rock salt mining*), serta dari sumur air garam (*brine*).

Berdasarkan pemanfaatannya, garam dibagi menjadi dua kelompok yaitu garam konsumsi dan garam industri. Garam konsumsi berdasarkan Permenprin no. 84 tahun 2014 memiliki kandungan NaCl minimal 94% dengan penambahan iodium. Sementara berdasarkan SNI 0303-2012, garam industri memiliki kandungan NaCl 96-98,5%.

Pabrik direncanakan mulai beroperasi tahun 2023 dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/ tahun. Lokasi pendirian pabrik pengolahan garam rakyat menjadi garam industri ini direncanakan di Plered, Cirebon, Jawa Barat. Kota Cirebon dipilih ketersediaan bahan baku yang paling tinggi di Kota Cirebon yaitu sebesar 435,4 ribu ton dengan luas lahan 3858 Ha. Lokasi pemasaran di daerah Jawa Barat dimana terdapat PT Asahimas Chemical, PT Sulfindo Adiusaha, PT Pabrik Kertas Noore dan PT Eco Paper yang memerlukan garam industri sebagai bahan baku.

Dalam pemenuhan kapasitas tahunan, pabrik akan beroperasi kontinyu 24 jam per hari selama 330 hari dari bahan baku sebesar 14.554,8 kg/jam, dapat dihasilkan produk garam industri sebesar 12.628,3 kg/jam. Proses pembuatan garam rakyat menjadi garam industri dapat diuraikan menjadi 3 tahapan proses, yaitu Tahap Persiapan (*Pre-Treatment*) bahan baku, Tahap Pencucian dan Pemisahan dan Tahap Pengeringan dan Pengemasan.

Pada tahap persiapan, garam rakyat dari gudang bahan baku diangkut menggunakan *Belt Conveyor I* menuju ke *Roll Crusher* untuk dilakukan proses *size reduction* agar ukurannya menjadi lebih kecil. Selain untuk melakukan pengecilan ukuran, *roll crusher* berfungsi memecah inti kristal dari garam. Kemudian garam rakyat ditampung di *Silo* sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum dilakukan pencucian garam tahap pertama.

Pada tahap kedua yaitu proses *washing* atau pencucian garam menggunakan larutan brine atau larutan NaCl jenuh untuk menghilangkan pengotor seperti CaSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Proses tersebut dilakukan secara 2 tahap. Pencucian pertama menggunakan *mixer tank*, sedangkan pencucian kedua menggunakan *screw washer*. Pada *pencucian bahan baku garam rakyat tahap I* Garam rakyat dari *Silo* kemudian dikirimkan ke tangki pencuci garam tahap 1. Mesin pencuci tahap 1 berbentuk tangki berpengaduk. Selanjutnya garam rakyat yang telah tercuci dikirimkan ke mesin pencuci tahap 2 yang berbentuk *screw washer* dengan model berupa tangki yang disambungkan dengan *screw conveyor*. Pencucian tahap garam rakyat tahap 2 ini dimaksudkan untuk menyempurnakan proses pencucian di tahap 1 mengingat kadar kadar rakyat yang berasal dari lahan garam berkadar NaCl 80-90 %. Garam hasil pencucian di *screw washer* selanjutnya dikirimkan ke peralatan *centrifuge*. Fungsi *centrifuge* ini memisahkan kristal garam dengan larutan garam. Dimana kristal garam akan menempel pada dinding *centrifuge* sedangkan larutan akan keluar dari *centrifuge*. Selanjutnya garam akan melalui proses *drying* dimana proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam garam agar kemurnian garam dapat meningkat sesuai dengan standar SNI.

Pada tahap akhir, garam dari *rotary dryer* akan memasuki *rotary cooler* untuk mengurangi suhu dari garam secara cepat.

Setelah suhu garam turun, garam akan masuk pada *Roll Crusher* dimana pada proses ini, bertujuan untuk mengecilkan ukuran garam. Setelah di giling, garam kemudian disortir pada alat *screener* untuk memisahkan garam dengan ukuran yang telah sesuai standar dengan yang tidak sesuai standar. Garam yang tidak sesuai standar akan dikembalikan ke *Roll Crusher*. Selanjutnya garam akan dimasukkan ke dalam *Silo* akan ditampung sebelum dikemas. Garam industri yang keluar akan langsung menuju proses *packing*.

Pabrik garam industri ini merupakan perusahaan yang berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staff. Untuk dapat mendirikan pabrik dengan kapasitas 100.000 ton/tahun diperlukan total modal investasi sebesar Rp 183.411.353.003,- dan total biaya produksi sebesar Rp. 146.729.082.402,- dengan estimasi hasil penjualan sebesar Rp. 300.000.000.000,- per tahun. Dengan estimasi umur pabrik 10 tahun, dapat diketahui *internal rate of return* (IRR) sebesar 51%, *pay out time* (POT) 3,32 tahun dan *break even point* (BEP) sebesar 22,03 %.

PLANT PRE-DESIGN SALT TABLE PROCESSING TO INDUSTRIAL SALT WITH WASHING METHOD

Name : 1. Rizal Angga Megantara (0221154000061)

2. Mochamad Faisal Fadlia (0221154000062)

Departement : Chemical Engineering

Advisor : 1. Prof. Ir. Ali Altway M.S.

2. Siti Nurkhamidah S.T., M.S., Ph.D

Abstract

Salt can be defined as a collection of chemical compounds whose main composition is Sodium Chloride (NaCl) with impurities consisting of CaSO₄, MgSO₄, MgCl₂ and others. Salt can be obtained in several ways, namely evaporation of sea water with sunlight, mining of salt rock (rock salt) and from brine.

Based on its utilization, salt is divided into two groups, namely consumption salt and industrial salt. Consumption salt based on Permenprin no. 84 of 2014 has a minimum NaCl content of 94%. For industrial salt, it takes a higher NaCl content, for example the petroleum industry, textile and leather tanning requires NaCl content above 97.5%, the petrochemical industry with NaCl levels above 96% and the pharmaceutical industry with NaCl levels above 99.8%.

The plant is planned to start operating in 2022 with a production capacity of 100,000 tons / year. The location of the establishment of a salt table processing plant into industrial salt is planned in Plered, Cirebon, West Java. The city of Cirebon has the highest availability of raw materials in the city of Cirebon, amounting to 435.4 thousand tons with a land area of 3858 hectares. Marketing locations in West Java where PT Asahimas Chemical, PT Sulfindo Adiusaha, PT Kertas Kertas Noore and PT Eco Paper are in need of industrial salt as raw material.

In fulfilling annual capacity, the plant will operate continuously 24 hours per day for 330 days from raw materials of 14.554,8 kg / hour, industrial salt products can be produced at 12.628,3 kg / hour. The process of making people's salt into industrial salt can be broken down into 3 stages of the process, namely Pre-Treatment of raw materials, Washing and Separation Phase, and Drying-Packaging Phase.

In the preparation stage, the people's salt from the raw material warehouse is transported using Belt Conveyor I to the Roll Crusher to make the size reduction process so that the size becomes smaller. In addition to doing size reduction, the roll crusher serves to break the crystal core from salt. Then salt is collected at Silo as a temporary storage area before the first stage of salt washing.

In the second stage, the washing process or washing of salt using brine solution or saturated NaCl solution to remove

impurities such as CaSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. The process is carried out in 2 stages. The first washing uses a mixer tank, while the second washing uses a screw washer. In washing stage I raw material for people's salt, people's salt from Silo is then sent to the salt washing tank stage 1. Stage 1 washing machine in the form of a stirred tank. Furthermore, the washed salt of the people is sent to a stage 2 washing machine in the form of a screw washer with a model in the form of a tank connected with a screw conveyor. The washing stage of the salt stage 2 is intended to perfect the washing process in stage 1 considering the level of the people originating from the soil with a concentration of 80-90% NaCl. The washed salt in the screw washer is then sent to the centrifuge equipment. The centrifuge function separates the salt crystals with a salt solution. Where salt crystals will stick to the centrifuge wall while the solution will come out of the centrifuge. Furthermore salt will go through a drying process wherein this process aims to reduce the water content in the salt so that the purity of the salt can increase according to the SNI standard.

In the final stage, the salt from the rotary dryer will enter the rotary cooler to reduce the temperature of the salt so that it is not too hot. After the temperature of the salt drops, the salt will enter the Roll Crusher wherein this process aims to reduce the size of the salt. After grinding, the salt is then sorted on a screener to separate the salt with the size that has been in accordance with the

standard that does not comply with the standard. Non-standard salt will be returned to the Roll Crusher. Then the salt will be put into silos will be accommodated before being packed. The industrial salt coming out will go directly to the packing process.

This industrial salt factory is a company incorporated as a Limited Liability Company (PT) with a line organization system and staff. To be able to establish a factory with a capacity of 100,000 tons / year, a total investment capital of Rp. 183.411.353.002,- is needed, and the total production cost is Rp. 146.729.082.402,- with an estimated sales of Rp. 300,000,000,000 per year. With a 10-year factory life estimate, it can be seen that the internal rate of return (IRR) is 51%, the pay out time (POT) is 3.32 years and the break even point (BEP) is 22,03%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang dicurahkan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul :

“PRA DESAIN PABRIK PENGOLAHAN GARAM RAKYAT MENJADI GARAM INDUSTRI DENGAN METODE PENCUCIAN”

Penulisan laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang S-1 untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia FTIRS-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. Allah SWT.
2. Orang tua dan keluarga atas segala dukungan, kasih sayang, doa sekaligus semua pengorbanan untuk kami dalam mendidik dan membesarkan kami.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S. selaku dosen pembimbing utama kami sekaligus Kepala Laboratorium Laboratorium Perpindahan Massa dan Panas, dan Ibu Siti Nurkhamidah, ST, M.S, Ph.D selaku dosen pembimbing kedua kami.

4. Bapak Ir. Soejoto Gondosurohardjo yang telah membimbing serta memfasilitasi kami dalam tugas penelitian.
5. Ibu Dr. Widiyastuti S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS
6. Bapak/Ibu dosen penguji
7. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS
8. Teman-teman kami K-55 yang telah menemani hari-hari kami selama berada di lingkungan Departemen Teknik Kimia, FTIRS-ITS
9. Rekan-rekan di Laboratorium Perpindahan Massa dan Panas

Kami menyadari bahwa materi yang kami sajikan masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif dari pembaca.

Surabaya, Januari
2020

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
INTISARI.....	i
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
GAMBAR	
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
BAB II BASIS DESAIN DATA.....	II-1
II.1 Kapasitas.....	II-1
II.2 Lokasi Pabrik.....	II-3
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk.....	II-7
II.3.1 Potensi Bahan Baku.....	II-7
II.3.2 Kualitas Bahan Baku.....	II-7
II.3.3 Kualitas Produk.....	II-10
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	III-1
III.1 Macam-Macam Proses Pembuatan dan Pemurnian Garam.....	III-1
III.1.1 Proses Vacuum Pan (<i>Multiple Effect Evaporator</i>).....	III-1
III.1.2 Proses Open Pan (<i>The Grainer Process</i>).....	III-3
III.1.3 Proses Penambangan Garam (<i>Rock Salt Mining</i>).....	III-4
III.1.4 Proses Penguapan Air Laut (<i>Solar Evaporation</i>).....	III-6
III.1.5 Rekristalisasi.....	III-8
III.1.6 Pencucian dengan Brine (<i>Washing</i>).....	III-8

III.2 Parameter-Parameter dalam Pemilihan Proses.....	III-9
III.3 Pemilihan Proses.....	III-12
III.4 Uraian Proses.....	III-14
III.4.1 Tahap <i>Pre-Treatment</i> Bahan Baku (Perlakuan awal)	III-15
III.4.2 Tahap <i>Washing and Filtration</i> (Pencucian dan Pemisahan).....	III-15
III.4.3 Tahap <i>Drying and Packing</i> Produk (Pengeringan dan Pengemasan).....	III-16
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....	IV-1
IV.1 Neraca Massa.....	IV-1
IV.2 Neraca Energi.....	IV-27
BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN.....	V-1
BAB VI ANALISA EKONOMI.....	VI-1
VI.1 Pengelolaan 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.....	VI-4
VI.1.4 Perincian Jumlah Tenaga Kerja.....	VI-8
VI.1.5 Status Karyawan dan Pengupahan.....	VI-10
VI.2 Utilitas.....	VI-12
VI.2.1 Unit Pengolahan Air.....	VI-12
VI.2.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	VI-13
VI.2.3 Unit Pendingin.....	VI-14
VI.3 Analisa Ekonomi.....	VI-14
VI.3.1 Asumsi Perhitungan.....	VI-14
VI.3.2 Analisa Keuangan.....	VI-14
VI.3.3 Analisa Laju Pengembalian Modal (<i>Internal Rate of Return/IRR</i>).....	VI-15
VI.3.4 Analisa Waktu Pengembalian Modal (<i>Pay Out Time/POT</i>).....	VI-15

VI.3.5	Analisa Titik Impas(<i>Break Even Point / BEP</i>).....	VI-16
BAB VII	KESIMPULAN.....	VII-1
VII.3.1	Segi Teknis.....	VII-1
VII.3.2	Segi Ekonomis.....	VII-1
VII.3.3	Kesimpulan.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xxi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Block Diagram Pengelompokan Garam menurut SK Menteri Perindustrian Nomor 88/M-Ind/PER/10/2014	I-1
Gambar I.2	Peta Persebaran Sentra Produksi Garam Indonesia	I-2
Gambar I.3	Kabupaten Sentra Produksi Garam Rakyat	I-3
Gambar I.4	Grafik Kebutuhan, Impor, dan Produksi Garam Nasional	I-4
Gambar I.5	Penggunaan Garam	I-5
Gambar I.6	Konsumsi Garam Industri berdasarkan Sektornya	I-8
Gambar II.1	Peta Kabupapten Cirebon.....	II-4
Gambar III.1	Diagram Proses <i>Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporator)</i>	III-1
Gambar III.2	Diagram Proses <i>Open Pan (The Grainer Process)</i>	III-3
Gambar III.3	Diagram Proses Penambangan Garam (<i>Rock Salt Mining</i>).....	III-4
Gambar III.4	Diagram Proses Penguapan Air Laut (<i>Solar Evaporation</i>).....	III-6
Gambar III.5	Diagram Proses Rekrystalisasi	III-8
Gambar III.6	Block Diagram Proses Terpilih	III-14
Gambar VI.1	Struktur Organisasi Perusahaan	VI-3
Gambar VI.2	Kebutuhan Pekerja Operator Untuk Industri Kimia	VI-9
Gambar VI.3	Grafik Break Even Point	VI-16

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	<i>Supply Demand</i> Garam Industri di Indonesia	II-1
Tabel II.2	Pertumbuhan Neraca Garam Nasional	II-2
Tabel II.3	Proyeksi Data Kapasitas Garam di Indonesia Pada Tahun 2023.....	II-3
Tabel II.4	Luas Wilayah, Jumlah Desa/Kelurahan, Keluarga, Penduduk, Rata-rata Penduduk per Km ² , keluarga dan per-desa dirinci di Kabupaten Cirebon.....	II-6
Tabel II.5	Kualitas Bahan Baku Garam Rakyat (<i>Dry Basis</i>).II-7	7
Tabel II.6	Standar Kualitas Garam Industri Menurut SNI 06-0303-1989	II-10
Tabel II.7	<i>Indian Standard Specification for Common Salt for Chemical Industries</i>	II-10
Tabel III.1	Perbandingan Proses Pemurnian Garam.....	III-13
Tabel IV.1	Neraca Massa Pada Conveyor (J-112)	IV-1
Tabel IV.2	Neraca Massa Pada Roll Crusher (C-110)	IV-2
Tabel IV.3	Neraca Massa Pada Brine Tank (M-410)	IV-3
Tabel IV.5	Neraca Massa Pada Mixing Tank I (M-210)	IV-5
Tabel IV.6	Neraca Massa Pada Screw Washer (J-220)	IV-6
Tabel IV.7	Neraca Massa pada Centrifuge (H-230)	IV-8
Tabel IV.8	Neraca Massa Pada Dirty Brine Silo (F-221)	IV-9
Tabel IV.9	Neraca Massa Pada Washing Brine Tank (M-420).....	IV-11
Tabel IV.10	Neraca Massa Pada Coagulant Tank (M-421)	IV-13
Tabel IV.11	Neraca Massa Pada Carifier (H-423)	IV-14

Tabel IV.12	Neraca Massa Pada Brine Recycle Tank (F-424)	IV-16
Tabel IV.13	Neraca Massa Pada Rotary Dryer (B-310)	IV-17
Tabel IV.14	Neraca Massa Pada Cyclone (H-314)	IV-18
Tabel IV.15	Neraca Massa Pada Rotary Cooler (B-316)	IV-20
Tabel IV.16	Neraca Massa Pada Cyclone (H-317)	IV-21
Tabel IV.17	Neraca Massa Pada Roll Crusher (C-320)	IV-23
Tabel IV.18	Neraca Massa Pada Screener (H-322)	IV-25
Tabel IV.19	Neraca Massa Pada Silo (F-323)	IV-26
Tabel IV.20	Data <i>Heat Capacity</i> Komponen	IV-27
Tabel IV.21	Neraca Energi Pada Rotary Dryer (B-310).....	IV-28
Tabel IV.22	Neraca Energi Pada Rotary Cooler (B-316).....	IV-29
Tabel IV.23	Neraca Energi Pada Heat Exchanger (B-312)	IV-30
Tabel V.1	Spesifikasi Storage (F-111).....	V-1
Tabel V.2	Spesifikasi Belt Conveyor (J-112)	V-2
Tabel V.3	Spesifikasi Roll Crusher I (C-110)	V-3
Tabel V.4	Spesifikasi Bucket Elevator I (J-113)	V-4
Tabel V.5	Spesifikasi Raw NaCl Silo (F-211)	V-5
Tabel V.6	Spesifikasi Mixing Tank I (M-210).....	V-6
Tabel V.7	Spesifikasi Screw Washer (J-220)	V-7
Tabel V.8	Spesifikasi Dirty Brine Silo (F-221)	V-8
Tabel V.9	Spesifikasi Centrifuge (H-230)	V-9
Tabel V.10	Spesifikasi Rotary Dryer (B-310)	V-10
Tabel V.11	Spesifikasi Blower I (G-311)	V-11
Tabel V.12	Spesifikasi Steam Heater (E-312)	V-11
Tabel V.13	Spesifikasi Cyclone (H-313)	V-12
Tabel V.14	Spesifikasi Blower II (G-314)	V-13
Tabel V.15	Spesifikasi Rotary Cooler (B-315)	V-13
Tabel V.16	Spesifikasi Cyclone (H-317)	V-14

Tabel V.17	Spesifikasi Bucket Elevator II (J-321)	V-15
Tabel V.18	Spesifikasi Roller Crusher II (C-320)	V-16
Tabel V.19	Spesifikasi Screener (H-322)	V-16
Tabel V.20	Spesifikasi Product Silo (F-323)	V-17
Tabel V.21	Spesifikasi NaCl Product Storage	V-18
Tabel V.22	Spesifikasi Bucket Elevator III (J-325)	V-19
Tabel V.23	Spesifikasi Brine Tank (M-410)	V-20
Tabel V.24	Spesifikasi Brine Pump (L-411)	V-21
Tabel V.25	Spesifikasi Belt Conveyor II (J-412)	V-22
Tabel V.26	Spesifikasi Washing Brine Tank (M-420)	V-23
Tabel V.27	Spesifikasi Coagulant Tank (M-421)	V-24
Tabel V.28	Spesifikasi Coagulant Pump (L-422)	V-25
Tabel V.29	Spesifikasi Clarifier (H-423)	V-26
Tabel V.30	Spesifikasi Brine Recycle Silo (F-424)	V-27
Tabel V.31	Spesifikasi Brine Recycle Pump (L-425)	V-27
Tabel VI.1	Perincian Jumlah Karyawan	VI-11
Tabel VI.2	Parameter Perhitungan Ekonomi	VI-15
Tabel VII.1	Perbandingan Target Produksi dengan Standar SNI	VII-3

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

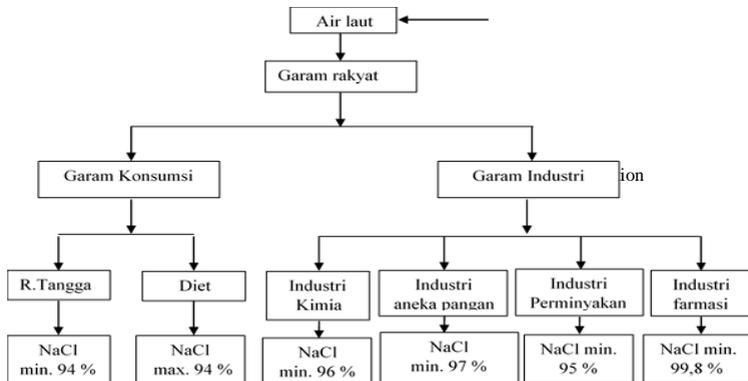
BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Garam merupakan benda kristal padat berwarna putih dengan komponen utama Natrium Klorida (NaCl), serta terdiri dari komponen lain seperti Magnesium Sulfat (MgSO_4), Kalsium Sulfat (CaSO_4), Magnesium Klorida (MgCl_2), dan Kalsium Klorida (CaCl_2). Garam dapat diproduksi dari bahan baku seperti air laut, danau air asin, deposit garam dalam tanah, serta sumur garam. Di Indonesia, bahan baku utama dalam produksi garam adalah air laut.

Menurut fungsinya, garam terbagi atas 2 jenis, yaitu garam konsumsi dan garam industri. Menurut Permendag No. 58 tahun 2012, garam konsumsi adalah garam dengan kadar $\text{NaCl} > 94,7\%$ (*dry basis*), sedangkan garam industri merupakan garam dengan kadar $\text{NaCl} > 97\%$ (*dry basis*). Garam konsumsi digunakan sebagai penambah rasa asin pada makanan, sedangkan garam industri diperuntukkan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan bagi keperluan industry lain, seperti industri Chlor-Alkali, industri perminyakan, farmasi, dan sebagainya.



Gambar I.1 Block Diagram Pengelompokan Garam menurut SK Menteri Perindustrian Nomor 88/M-IND/PER/10/2014

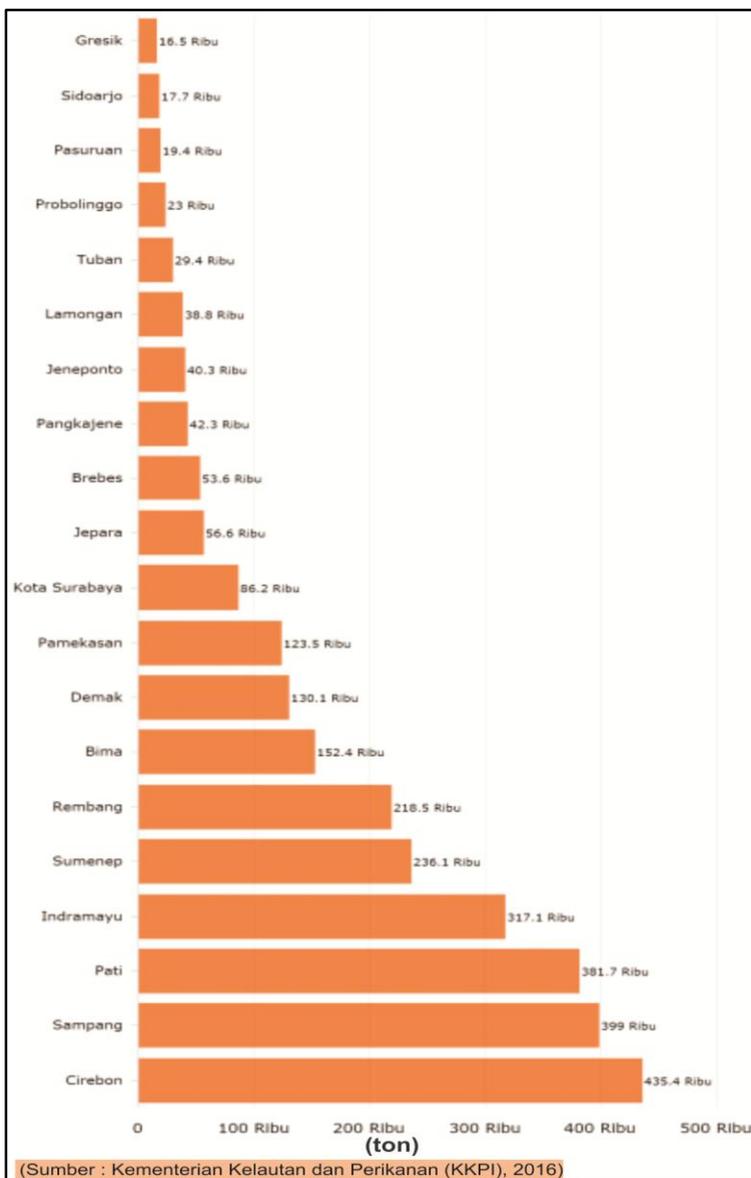
Indonesia merupakan negara kepulauan, secara geografis membentang dari 60°LU sampai 110°LS dan 920 sampai 1420°BT , terdiri dari lebih dari 17.000 pulau, dengan $\frac{3}{4}$ bagian wilayahnya berupa laut seluas 5,9 juta km^2 , dengan panjang garis pantai 99.093 km, terpanjang kedua setelah Kanada. Indonesia tergolong sebagai negara kepulauan dengan berbagai sumber daya hayati dan non-hayati yang sangat besar seperti ikan laut, rumput laut, mineral

garam terlarut, mutiara serta tambang minyak bumi. Namun demikian, pembangunan bidang kelautan, perikanan hingga saat ini masih jauh dari harapan dan belum dimanfaatkan secara optimal (Lasabuda, 2013).

Melihat besarnya potensi perairan di Indonesia, sudah seharusnya Indonesia menjadi negara penghasil garam (NaCl). Namun kebutuhan garam nasional masih belum bisa tercukupi secara mandiri Indonesia masih mengimpor garam dari Australia yang hanya memiliki garis pantai ±5.000 km, jauh lebih kecil daripada garis pantai Indonesia.



Sentra produksi garam di Indonesia tersebar di seluruh wilayah seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 1.2** diatas. Kabupaten dengan produksi garam terbesar adalah Kabupaten Cirebon dengan produksi sebesar 435.400 Ton, sedangkan kabupaten dengan produksi garam terendah adalah Kabupaten Gresik dengan total produksi 16.500 Ton. Data lengkap produksi garam nasional dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.

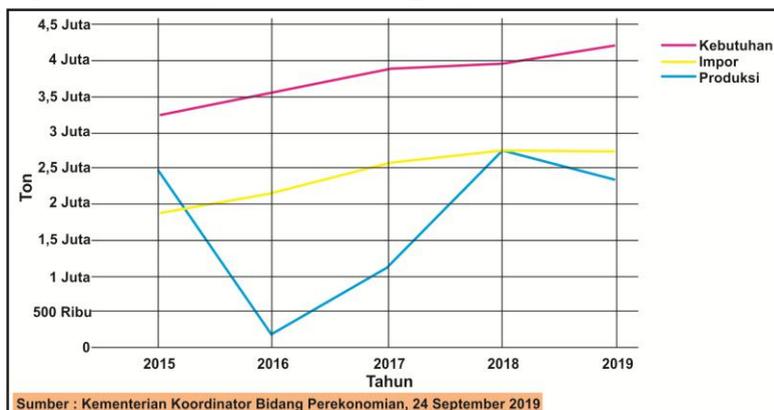


Gambar I.3 Kabupaten Sentra Produksi Garam Rakyat

Garam merupakan salah satu komoditas strategis nasional. Selain fungsinya bagi pemenuhan pangan dan gizi, bahan baku industri dalam negeri, penyedia lapangan kerja bagi ratusan ribu tenaga kerja, serta sebagai sarana pengentasan kemiskinan bagi masyarakat khususnya di wilayah pesisir. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian dalam laporannya menyebutkan, total produksi garam nasional pada 2019 diperkirakan menurun 14,4% menjadi 2,3 juta ton. Padahal, produksi garam pada 2017-2018 meningkat masing-masing sebesar 561,3% dan 144,7% menjadi 1,1 juta dan 2,7 juta ton. Penurunan terbesar produksi garam nasional terjadi pada 2016, yaitu mencapai 93,23% dari 2,5 juta ton menjadi 168 ribu ton. Sementara itu, kebutuhan garam setiap tahun selalu meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pertumbuhan industri. Pada 2019 kebutuhan garam nasional diperkirakan naik 5,98% menjadi 4,2 juta ton. Oleh karena itu, pemerintah mengalokasikan impor garam pada 2019 naik 0,2% menjadi 2,72 juta ton dibandingkan 2018 yang sebesar 2,71 juta ton, , seperti ditunjukkan pada **Gambar I.4**.

Gambar I.4 Grafik Kebutuhan, Impor, dan Produksi Garam Nasional (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, 24 September 2019)

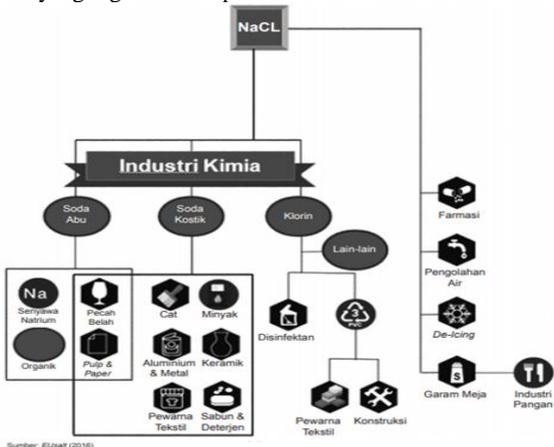
Indonesia saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan garam industri dalam negeri, sehingga pemenuhan kebutuhan garam industri dalam negeri masih mengandalkan impor. Hal ini merupakan permasalahan yang perlu segera diselesaikan. Pasalnya Indonesia memiliki sumber daya yang memadai untuk mencapai swasembada garam konsumsi maupun garam industri. Garam rakyat



yang diproduksi petani garam perlu diserap oleh industri pengolahan garam agar dapat ditingkatkan kualitasnya sehingga memenuhi persyaratan sebagai garam industri. Oleh karena itu, adanya pabrik pengolahan garam rakyat menjadi garam industri diperlukan agar Indonesia dapat memaksimalkan potensinya dalam hal produksi komoditi garam.

Produk garam industri ini memiliki prospek yang baik. Pasalnya, kebutuhan akan garam industri Indonesia cukup tinggi dan diprediksi akan terus naik seiring dengan meningkatnya tren pengolahan chemical dengan bahan dasar garam (Chlor-Alkali Plant) yang diprediksi akan berkembang untuk beberapa tahun ke depan. Garam industri yang akan diproduksi diharapkan memiliki kualitas yang sama seperti garam impor, sehingga dapat bersaing dalam pasar garam.

Produk garam Industri dapat digunakan sebagai bahan baku dari beberapa industri seperti yang digambarkan pada **Gambar I.5**:



Gambar I.5 Penggunaan Garam

Menurut peraturan Menteri Perindustrian No. 88 Tahun 2014, garam industri adalah garam yang digunakan sebagai bahan baku/bahan penolong yang digunakan pada proses produksi pada industri kimia, industri aneka pangan, industri farmasi, industri perminyakan, industri penyamakan kulit dan water treatment. Garam industri yang digunakan tersebut memiliki spesifikasi teknis yang berbeda-beda bergantung pada jenis industrinya :

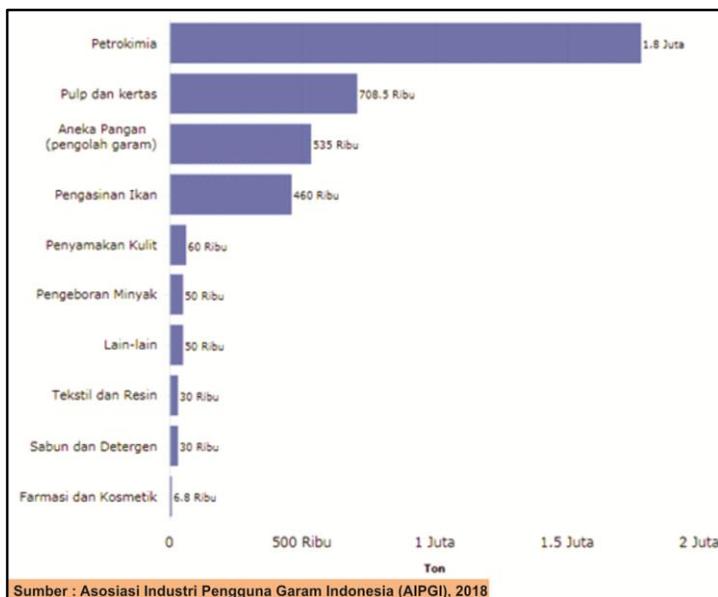
1. Garam industri kimia adalah jenis garam yang digunakan untuk memproduksi senyawa kimia antara lain *Chlor Alkali Plant* (CAP), dengan standar high grade, dengan kadar NaCl minimum 96% (atas dasar basis kering), kadar air (b/b) maksimum 2,5%, Calcium (Ca) maksimum 0,1%. Hasil produk CAP digunakan untuk industri kertas, industri PVC, sabun (deterjen) dan tekstil.

2. Garam industri aneka pangan adalah garam beryodium maupun tidak beryodium yang digunakan sebagai bahan baku/bahan penolong pada industri aneka pangan untuk memproduksi makanan atau minuman. Spesifikasi teknis yang dibutuhkan pada garam industri aneka pangan adalah garam beryodium maupun tidak beryodium dengan standar food grade dan telah diolah dengan tingkat kehalusan tertentu dengan kadar NaCl minimum 97% (atas dasar basis kering), Calcium (Ca) maksimum 0,06%, Magnesium (Mg) maksimum 0,06%, kadar air (b/b) maksimum 0,5%, bagian yang tidak larut dalam air maksimum 0,5% dan cemaran logam Kadmium (Cd) maksimum 0,5 mg/Kg, Timbal (Pb) maksimum 10 mg/Kg, Raksa (Hg) maksimum 0,1 mg/Kg dan Arsen (As) maksimum 0,1 mg/Kg untuk garam beryodium minimum 30 mg/Kg. Garam jenis ini banyak digunakan untuk industri mie, bumbu masak, biskuit, minuman gula, kecap, mentega dan pengalengan ikan.
3. Garam industri farmasi adalah jenis garam yang digunakan pada industri farmasi sebagai bahan baku/bahan penolong dengan spesifikasi kadar NaCl minimal 99,8% (atas dasar basis kering), kadar impurities mendekati 0%. Garam jenis ini banyak digunakan untuk pembuatan cairan infus, cairan pembersih darah (Haemodialisa) atau garam murni.
4. Garam industri perminyakan adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada proses pengeboran minyak. Spesifikasi garam industri perminyakan yaitu garam dengan kadar NaCl minimal 95% (atas dasar basis kering), Sulfat (SO₄) maksimum 0,5%, Calcium (Ca) maksimum 0,2% dan Magnesium

(Mg) maksimum 0,3% dengan kadar air 3% sampai dengan 5%.

5. Garam industri penyamakan adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada proses penyamakan kulit. Spesifikasi garam untuk industri tersebut adalah garam yang peruntukannya sebagai bahan penolong dengan standar NaCl minimal 85% (atas dasar basis kering).
6. Garam water treatment adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada proses penjernihan air dan/atau pelunakan air pada boiler. Spesifikasi yang dibutuhkan pada garam untuk water treatment adalah kadar NaCl minimal 85% yang peruntukkannya sebagai bahan penolong untuk penjernihan air. Sedangkan, untuk pelunakan air pada boiler dibutuhkan spesifikasi garam dengan tingkat kadar NaCl minimal 95% (*Septika Tri Ardiyanti, 2016*).

Konsumsi garam industri Indonesia naik dari tahun ke tahun. Data neraca garam nasional yang dihimpun oleh KKP, Kemenperin, dan Kemendag menunjukkan kebutuhan garam industri selalu naik dari tahun ke tahun dalam rentang tahun 2015-2019. Pada tahun 2019, kebutuhan garam industri menyentuh angka 4,2 juta ton. Dari jumlah kebutuhan garam industri ini sebagian besar merupakan kebutuhan garam Industri oleh Industri CAP dan Farmasi, sedangkan sisanya merupakan kebutuhan industri jenis lain yang juga menggunakan garam sebagai bahan baku seperti industri kulit, tekstil, sabun, perminyakan, dsb. Sampai saat ini industri CAP dan industri *pulp and paper* merupakan konsumen garam industri yang paling besar. Hal ini memang dapat dimaklumi, karena garam memang menjadi bahan baku dari industri tersebut.



Gambar I.6 Konsumsi Garam Industri berdasarkan Sektornya (Asosiasi Industri Pengguna Garam Indonesia, AIPGI, 2018)

BAB II BASIS DESAIN DATA

II.1 Kapasitas

Dalam mendirikan pabrik, salah satu faktor yang sangat perlu diperhatikan adalah penentuan kapasitas produksi pabrik. Pabrik Garam Industri ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2023 dengan mengacu pada kebutuhan nasional. Data yang didapat adalah neraca garam nasional yang mencakup jumlah produksi, konsumsi, impor dan konsumsi dari tahun 2011 hingga 2017. Berikut merupakan data supply demand garam industri di Indonesia pada tahun 2011 hingga 2017:

Tabel II.1 *Supply Demand* Garam Industri di Indonesia

No	Tahun	Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
1.	2011	956.41	1802.75	0	1691.45
2.	2012	1764.25	1803.75	0	2111.9
3.	2013	930.89	2027.5	0	1826.8
4.	2014	1875	2241.23	0	2154.7
5.	2015	2495	2447.19	0	1770.8
6.	2016	500	2347.66	0	2036.6
7.	2017	916.9	3500	0	2194.8

(Sumber : Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2017)

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa kebutuhan garam industri di Indonesia memiliki trend pertumbuhan positif. Sedangkan produksi garam industri nasional belum mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga pemerintah harus mengimpor garam industri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Potensi produksi garam industri di Indonesia sangat besar mengingat tingginya kebutuhan garam dari industri hilir dan industri terkait lainnya. Data pertumbuhan neraca garam nasional dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel II.2 *Supply Demand* Garam Industri di Indonesia

No	Tahun	Pertumbuhan			
		Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
1.	2011 - 2012	0.844659	0.000555	0	0.248574
2.	2012 - 2013	-0.47247	0.124047	0	-0.135
3.	2013 - 2014	1.014634	0.105416	0	0.179494
4.	2014 - 2015	0.330667	0.091896	0	-0.17817
5.	2015 - 2016	-0.7996	-0.04067	0	0.150102
6.	2016 - 2017	0.8338	0.490846	0	0.077678
Pertumbuhan rata-rata		0.291948	0.128681	0	0.057114

Pabrik garam industri ini ditargetkan mulai beroperasi pada tahun 2023. Data supply demand garam industri nasional tidak tersedia sampai tahun 2023 sehingga diperlukan proyeksi untuk produksi, konsumsi, ekspor dan impor pada tahun pabrik tersebut mulai memproduksi garam industri. Dari data pada Tabel II.13 diatas, dapat dihitung proyeksi kapasitas untuk tahun tersebut dihitung dengan persamaan *discounted* (Timmerhaus, 2003) sebagai berikut:

$$M = F (1+i)^n$$

Dimana: M = prediksi tahun ke-n

F = volume tahun terakhir (tahun 2017)

i = pertumbuhan rata-rata

n =selisih waktu antara tahun 2023 dengan tahun 2017

Dari persamaan diatas didapatkan proyeksi neraca garam industri tahun 2023 sebagai berikut:

Tabel II.3 Proyeksi Data Kapasitas Garam di Indonesia Pada Tahun 2023

Tahun	Konsumsi (Ribuan Ton)	Produksi (Ribuan Ton)	Ekspor (Ribuan Ton)	Impor (Ribuan Ton)
2023	7235.962	4263.753	0	2194.8

Dari data proyeksi neraca garam nasional pada tahun 2023 dapat dihitung peluang kapasitas produksi nasional pada tahun tersebut. Pabrik garam industri yang akan didirikan memiliki target untuk mengurangi kuota impor, sehingga dapat diasumsikan nilai proyeksi impor sama dengan nol. Berikut perhitungan dari peluang kapasitas produksi.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Nasional} &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\
 &= (7.235.962 + 0) - (4.263.753 + 0) \\
 &= 1.809.226 \text{ ton / tahun}
 \end{aligned}$$

Kapasitas ini merupakan kapasitas produksi nasional, untuk menentukan kapasitas produksi pabrik garam industri yang akan didirikan, perlu diperhatikan aspek kompetitor yakni industri garam industri lain yang beroperasi pada tahun 2023 dengan kapasitas produksi beragam, aspek ketersediaan bahan baku garam rakyat pada daerah disekitar pabrik yang akan didirikan, serta aspek target pemasaran yang ada disekitar lokasi pabrik.

Berdasarkan referensi prediksi kebutuhan kapasitas produksi garam industri tahun 2023 sebesar 1.809.226 ton / tahun, maka ditetapkan nilai 5,5% (dari kebutuhan garam industri nasional tahun 2023) sebagai kapasitas pabrik sebesar 100.000 Ton/ Tahun. Digunakan pula basis perhitungan pabrik dengan waktu operasi 330 hari kerja/tahun dan waktu kerja pabrik 24 jam/hari.

II.2 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik garam industri direncanakan akan dibangun di Kecamatan Plered, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat.



Gambar II.1. Peta Kabupaten Cirebon

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Berdasarkan **Gambar I.3** daerah produsen garam terbesar yaitu Kabupaten Cirebon sebesar 435.400 ton/tahun . Sehingga pemilihan lokasi pabrik direncanakan di Kabupaten Cirebon, Jawa Barat.

2. Pemasaran dan Transportasi

Sarana dan prasarana yang terdapat di Kabupaten Cirebon yang mendukung pendistribusian hasil produksi diantaranya:

- Jalan Pantura dan jalan bebas hambatan (tol palimanan) yang menghubungkan ibukota Provinsi, kawasan Industri, serta pusat pertumbuhan strategis.

- Terminal barang dan angkut jalur laut, melalui Pelabuhan Cirebon.
 - Lokasi mendekati target pemasaran, yaitu industri Chlor-Alkali sebagai konsumen utama produk garam Industri, diantaranya : PT.Asahimas Chemical di Banten, PT Sulfindo Adiusaha di Serang, PT Eco Paper di Subang, serta PT Pabrik Kertas Noore di Bekasi
3. Tenaga Kerja
- Tenaga kerja merupakan faktor yang berpengaruh dalam pemilihan lokasi pabrik karena diusahakan pabrik dapat didukung oleh tenaga kerja dengan keahlian yang mumpuni. Kabupaten Cirebon sendiri terletak di tengah-tengah antara Kota Semarang dan Kota Bandung, dimana banyak Institusi Perguruan Tinggi berkualitas yang tersebar dari Kota Jakarta, Bandung, Semarang, Purwakarta, Bogor, dan sebagainya.
4. Utilitas
- Utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Cirebon dengan kapasitas 610 MW, serta tambahan PLTU Unit II Cirebon dengan kapasitas 1000 MW yang dicanangkan beroperasi pada 2020. Untuk sarana penyediaan air berupa *raw water* yang diperoleh dari sungai. Sedangkan bahan bakar industri berupa minyak bumi, dapat diperoleh dari PT Pertamina Persero.

Sedangkan faktor pendukung dalam pemilihan lokasi pabrik diantaranya:

1. Harga Tanah dan Gedung

Daerah Kabupaten Cirebon bukan daerah metropolis, sehingga harga tanah dan bangunan masih rendah.
2. Kemungkinan Perluasan Pabrik

Kecamatan Plered merupakan daerah yang tidak terlalu padat penduduk, dengan nilai rata-rata penduduk per km² yang rendah, artinya masih banyak terdapat lahan yang dapat

dimanfaatkan untuk perluasan area pabrik. Hal ini ditunjukkan pada **Tabel II.4**:

Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah			Rata-rata penduduk		
		Desa/ Kelurahan	Keluarga	Penduduk	Km ²	Keluarga	Desa
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
010 Waled	28.46	12	18,290	60,054	2,110	3,28	5,005
011 Pasaleman	32.11	7	13,859	45,683	1,423	3,30	6,526
020 Ciledug	13.25	10	18,006	64,041	4,833	3,56	6,404
021 Pabuaran	8.95	7	19,535	62,487	6,982	3,20	8,927
030 Losari	39.07	10	23,413	77,643	1,987	3,32	7,764
031 Pabedilan	24.08	13	11,513	37,997	1,578	3,30	2,923
040 Babakan	21.93	14	16,183	55,402	2,525	3,42	3,957
041 Gebang	31.68	13	12,289	41,707	1,317	3,39	3,208
050 Karangsembung	15.14	8	13,591	44,465	2,937	3,27	5,558
051 Karangwareng	23.12	9	20,871	79,732	3,449	3,82	8,859
060 Lemahabang	21.49	13	12,789	45,065	2,097	3,52	3,467
061 Susukan Lebak	18.74	13	22,155	74,475	3,974	3,36	5,729
070 Sedong	31.02	10	11,499	43,152	1,391	3,75	4,315
080 Astanajapura	25.47	11	19,928	68,691	2,697	3,45	6,245
081 Pangenan	30.54	9	25,922	86,223	2,823	3,33	9,580
090 Mundu	25.58	12	18,198	64,793	2,553	3,56	5,399
100 Beber	32.25	10	19,487	63,420	2,728	3,25	6,342
101 Greged	29.92	10	22,105	79,278	2,650	3,59	7,928
111 Talun	21.21	11	17,326	66,850	3,152	3,86	6,077
120 Sumber	25.65	14	17,182	90,008	3,509	5,24	6,429
121 Dukupuntang	26.40	13	20,321	76,549	2,103	3,77	5,888
130 Palimanan	17.18	12	17,585	59,321	3,453	3,37	4,943
140 Plumbon	18.19	15	18,127	57,311	3,151	3,16	3,821
141 Depok	15.55	12	20,955	71,759	4,615	3,42	5,980
150 Weru	9.19	9	15,671	52,034	5,662	3,32	5,782
151 Plered	11.34	10	11,509	41,200	3,633	3,58	4,120
161 Tengah Tani	8.97	8	19,114	77,068	8,592	4,03	9,634
162 Kedawung	9.58	8	27,665	81,822	8,541	2,96	10,228
171 Gunungjati	20.55	15	14,340	44,882	2,184	3,13	2,992
180 Kapetakan	60.20	9	19,457	65,363	1,086	3,36	7,263
181 Suranenggala	22.98	9	18,502	66,734	2,904	3,61	7,415
190 Klangeran	20.57	9	8,887	28,610	1,391	3,22	3,179
191 Jambalang	17.76	8	11,769	37,773	2,127	3,21	4,722
200 Arjawinangun	24.11	11	9,878	31,384	1,302	3,18	2,853
201 Panguragan	20.31	9	11,530	40,352	1,987	3,50	4,484
210 Ciwaringin	17.79	8	16,874	56,987	3,203	3,38	7,123
211 Gempol	30.73	8	13,856	47,993	1,562	3,46	5,999
220 Susukan	50.10	12	17,130	58,301	1,164	3,40	4,858
230 Gegesik	60.38	14	15,567	56,404	934	3,62	4,029
231 Kaliwedi	27.82	9	14,221	42,897	1,542	3,02	4,766
Kabupaten	990,36	990,36	424	677,099	2,345,91	2,369	3,46

Sumber: Dinas PPKB Kabupaten Cirebon

Tabel II.4. Luas Wilayah, Jumlah Desa/Kelurahan, Keluarga, Penduduk dan Rata-rata Penduduk per Km², keluarga dan per desa dirinci di Kabupaten Cirebon Tahun 2014

II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

II.3.1 Potensi Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah *crude salt*, yang merupakan garam curah yang dihasilkan oleh petani garam. Garam curah ini dibuat dari air laut dengan kadar garam tinggi. Indonesia memiliki panjang garis pantai mencapai 99.093 kilometer, sehingga potensi bahan baku garam di Indonesia sangat besar. Pusat produksi garam di Indonesia tersebar di beberapa daerah dan terkonsentrasi di Jawa dan Madura serta beberapa lokasi di Sulawesi dan Nusa Tenggara. Luas areal tambak garam di Jawa mencapai 15.870,2 ha, dengan sebarannya di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur.

II.3.2 Kualitas Bahan Baku

Kualitas bahan baku yang digunakan pada pembuatan garam industri dari garam rakyat mengacu pada data Agus Rusgiyono (2013), yang ditunjukkan pada **Tabel II.5** :

Tabel II.5 Kualitas Bahan Baku Garam Rakyat (dry basis)

No	Komponen	Fraksi massa	Massa (Kg)	BM	Mol
1	NaCl	0,9636	96,36	58,44	1,6176
2	Ca ²⁺	0,0053	0,53	40,07	0,0130
3	Mg ²⁺	0,0047	0,47	24,30	0,0197
4	SO ₄ ⁻²	0,0060	0,60	96,06	0,0061
5	HCO ³⁻	0,0202	2,02	61,01	0,0049
Jumlah		1,0000	100		

Sifat bahan baku dan bahan penunjang untuk pemurnian garam rakyat dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Garam Rakyat

- a. Rumus Molekul : NaCl
- b. Sifat Fisik
 - Berat molekul : 58,44 g/mol
 - Titik lebur : 801 °C
 - Warna : putih
 - Bau : tidak berbau
 - Kelarutan dalam air : 35,9 mg/100mL (25°C)
 - Bentuk : kristal
 - Specific Gravity : 2,163
 - Melting Point : 800,4°C
 - Boiling Point : 1413°C
 - Solubility, CW : 35,7 kg/ 100 kg H₂O (H₂O =0°C)
 - Solubility, HW : 39,8 kg/ 100 kg H₂O (H₂O =100°C)
- c. Sifat Kimia
 - Dapat bereaksi dengan asam maupun basa
 - Tidak beracun
 - Mudah dipisahkan dari larutan garam-air

2. Brine

- a. Rumus Molekul : NaCl
- b. Sifat Fisik (26% solution)
 - Berat molekul : 48,7 g/mol
 - Titik beku : 1,33°C
 - Titik didih : 108,88°C
 - Specific Gravity : 1,201 kg/m³
- c. Sifat Kimia
 - Pada fase liquid, dapat melarutkan zat-zat kimia lain
 - pH : 6-9

3. Natrium Hidroksida

- a. Rumus Molekul : NaOH

b. Sifat Fisik

- Berat molekul : 40 g/mol
- Titik beku : 318.4°C
- Titik didih : 1390°C
- Specific Gravity : 2,130 kg/m³
- Warna : putih
- Bau : berbau kaustik
- Bentuk : padat

c. Sifat Kimia

- Larut dalam air, ethanol dan methanol

4. Natrium Karbonat

a. Rumus Molekul : Na₂CO₃

b. Sifat Fisik

- Berat molekul : 106 g/mol
- Titik beku : 851°C
- Specific Gravity : 2,533 kg/m³
- Warna : putih

c. Sifat Kimia

- Larut dalam air panas dan gliserol
- Larut sebagian dalam air dingin
- Tidak larut dalam aceton dan alkohol

5. Barium Klorida

a. Rumus Molekul : BaCl₂

b. Sifat Fisik

- Berat molekul : 208,23 g/mol
- Densitas : 3856 kg/m³
- Titik lebur : 962 °C
- Titik Didih : 1560 °C
- Specific Gravity : 2,96
- Warna : putih

c. Sifat Kimia

- Larut dalam asam dan metanol

(Kirk, R.E and Othmer D.F : "Encyclopedia of Chemical Technology")

II.3.3 Kualitas Produk

Karakter utama yang dapat menjelaskan garam industri sebagai produk komersial ditentukan oleh beberapa parameter fisik dan kimia. Standar yang mengatur mengenai hal ini adalah SNI 06-0303-1989 yang ditunjukkan pada **Tabel II.6**

Tabel II.6 Standar kualitas garam industri menurut SNI 06-0303-2012

Parameter	Standar
NaCl, max	98,5 %
H ₂ O	1 %
Ca max	0.1 %
Mg, max	0.06 %
SO ₄ , max	0,2 %
Bentuk	Padatan Kristal
Warna	Putih

Sebagai pembandingan, terdapat standar garam industri dari India di **Tabel II.7**

Tabel II.7 *Indian Standard Specification for common salt for chemical industries*

Parameter	Standar Grade 1	Standar Grade 2
NaCl, min	99,5 %	98,5 %
Ca, max	0,03 %	0,2 %
Mg, max	0,01 %	0,1 %
SO ₄ , max	0,2 %	0,6 %

Produk garam industri ini memiliki prospek yang cukup bagus. Garam industri yang akan diproduksi ini diharapkan memiliki kualitas yang sama seperti garam impor, sehingga dapat bersaing dalam pasar garam. Hingga saat ini, industri *Sodium Chloride* (NaCl) yang ada di Indonesia memiliki perkembangan yang stabil. Hal tersebut dapat terlihat jelas dari berkembangnya industri-industri makanan siap saji, pengawetan makanan dan

minuman serta farmasi terus berkembang di Indonesia. Dengan berbagai peluang yang sangat besar tersebut, maka dapat disimpulkan jika pendirian pabrik pemurnian garam di Indonesia akan memiliki peluang investasi yang menguntungkan. Garam industri digunakan untuk:

- **Industri Kimia**

Jenis garam yang digunakan untuk memproduksi senyawa kimia antara lain Clor Alkali Plant (CAP), dengan standart high grade, kadar NaCl min 96 % atas dasar basis kering (adbk), kadar air (b/b) maks 2,5 %, Calsium (Ca) maks 0,1 % atas dasar basis basah (adbb), Magnesium (Mg) maks 0,05% (adbb), bagian yang tidak larut dalam air maks 0,05% kadar sulfat (SO₄) 0,2% (adbb). Hasil produk CAP digunakan antara lain untuk: Industri kertas, industri PVC, sabun/detergen dan tekstil.

- **Industri Aneka Pangan**

Garam yang beryodium maupun tidak beryodium digunakan sebagai bahan baku penolong pada industri aneka pangan untuk memproduksi makanan maupun minuman. Spesifikasi garam industri aneka pangan adalah garam yang beryodium maupun tidak beryodium dengan standart food grade dan telah diolah dengan tingkat kehalusan tertentu dengan kadar NaCl min 97%, Magnesium (Mg) maks. 0,06%, kadar air (b/b) maks. 0,5%, bagian yang tidak larut dalam air maks. 0,5% dan cemaran logam Kadmium (cd) maks. 0.5 mg/kg, Timbal (Pb) maks. 10 mg/kg, Raksa (Hg) maks. 0.1 mg/kg dan arsen (as) maks 0,1 mg/kg. Untuk yang beryodium min 30 mg/kg (adbk).

- **Garam Industri Perminyakan**

Garam industri perminyakan merupakan jenis garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada proses pengeboran minyak. Spesifikasi garam industri perminyakan yaitu garam yang mempunyai kadar NaCL min 95% (adbk). Sulfat (SO₄) maks. 0,5%, Calsium (Ca) maks. 0,2% dan magnesium (Mg) maks. 0,3% dengan kadar air 3-5%.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

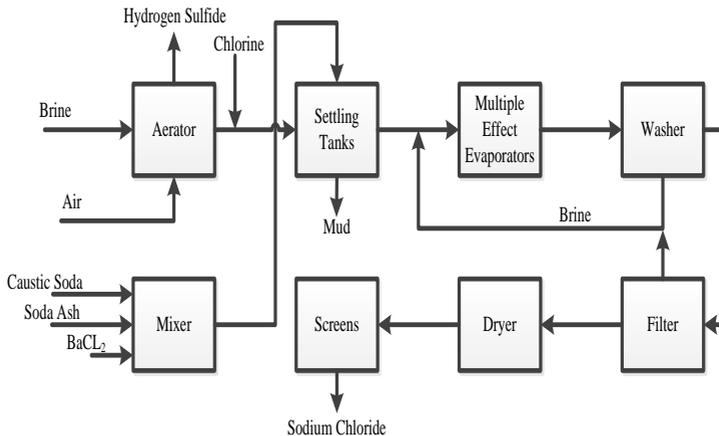
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES

III.1 Macam-macam Proses Pembuatan dan Pemurnian Garam

Ada beberapa macam proses pembuatan dan pemurnian garam (*sodium chloride*) dengan bahan baku *brine* (*saturated sea water*) maupun dari garam kasar (garam rakyat). Metode-metode yang dimaksud antara lain:

1. Proses *Vacuum Pan* (*Multiple Effect Evaporation*);
2. Proses *Open Pan* (*The Grainer Process*);
3. Proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*);
4. Proses Penguapan Air Laut (*Solar Evaporation*);
5. Proses Rekrystalisasi; dan
6. Proses Pencucian dengan *Brine* (*Washing*)

III.1.1 Proses *Vacuum Pan* (*Multiple Effect Evaporator*)



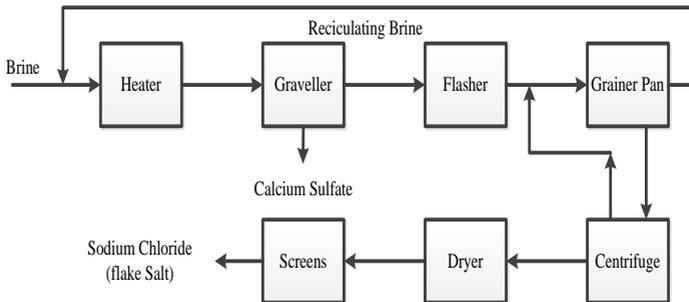
Gambar III.1 Diagram Proses *Vacuum Pan* (*Multiple Effect Evaporator*)

Pada proses *vacuum pan* biasanya digunakan *saturated brine* atau leburan garam kasar yang berasal dari dalam tanah atau laut. *Saturated brine* dapat juga diperoleh dari hasil samping produksi *sodium carbonate* (Na_2CO_3) dengan proses *Solvay*.

Pertama-tama, *saturated brine* (leburan garam) dari air dalam tanah memiliki kadar H_2S yang terlarut dalam garam NaCl dengan kadar maksimum 0,015%. Perlakuan pendahuluan dari bahan baku *brine* adalah dengan aerasi untuk menghilangkan kandungan *hidrogen sulfide*. Penambahan sedikit *chlorine* dimaksudkan untuk mempercepat penghilangan H_2S dalam *brine*. *Brine* setelah proses aerasi kemudian diumpukan dalam tangki pengendap untuk mengendapkan lumpur atau *solid* yang tidak diinginkan.

Proses pengendapan dibantu dengan penambahan campuran *caustic soda*, *soda ash* dan *barium chloride* sehingga didapatkan larutan garam yang sudah tidak mengandung impuritas. Setelah proses pengendapan, kemudian larutan garam dipekatkan dengan evaporator multi efek (*multiple effect evaporator*). Larutan garam pekat kemudian dicuci dengan *brine* untuk memurnikan garam. Larutan garam kemudian difiltrasi pada filter untuk proses pemisahan garam dan larutan *brine*. Garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan kandungan yodium pada garam. Garam yang telah dimurnikan kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Garam (*sodium chloride*) kemudian siap dikemas dan dipasarkan.

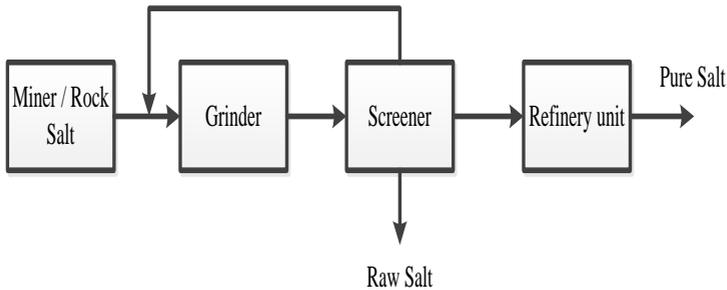
III.1.2 Proses *Open Pan* (*The Grainer Process*)



Gambar III.2 Diagram Proses *Open Pan* (*The Grainer Process*)

Pembuatan garam dengan proses *open pan* menggunakan bahan baku *brine* yang berasal dari proses pemanasan air laut. Proses ini disebut juga proses *Grainer*, dimana air laut diuapkan dengan cara memanaskan pada *heater* pada suhu 230°F (110°C). Larutan *brine* panas kemudian diuapkan pada *graveller* yang memiliki fungsi untuk memisahkan *calcium sulfate* pada larutan *brine*. Larutan *brine* kemudian didinginkan pada *flasher* dengan suhu yang dijaga agar garam (NaCl) masih dalam kondisi larut dalam air. Larutan *brine* dingin kemudian diuapkan ke *open pan* yang berfungsi untuk menguapkan air dengan suhu operasi 205°F (96°C) sehingga dihasilkan kristal garam yang kemudian dipisahkan dari *mother liquor* pada *centrifuge*. *Mother liquor* kemudian direcycle kembali pada *open pan*, sedangkan kristal garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan kandungan yodium pada garam. Garam (*sodium chloride*) kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Garam (*sodium chloride*) kemudian siap dikemas dan dipasarkan.

III.1.3 Proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*)



Gambar III.3 Diagram Proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*)

Pada zaman kuno, sumber utama garam adalah batuan garam yang merupakan batuan kristal yang ditambang seperti batu bara serta endapan garam kering yang ditemukan di area dekat laut. Batuan garam didapatkan dari hasil penggalian yang tidak begitu dalam. Cadangan terbesar batuan garam ditemukan di Amerika Serikat, Kanada, Jerman, Eropa Timur dan China. Pengolahan batuan garam secara umum terdiri dari beberapa tahap, mulai dari penggalian batuan dan dilanjutkan dengan proses *crushing*, *grinding*, *screening* lalu dihasilkan garam.

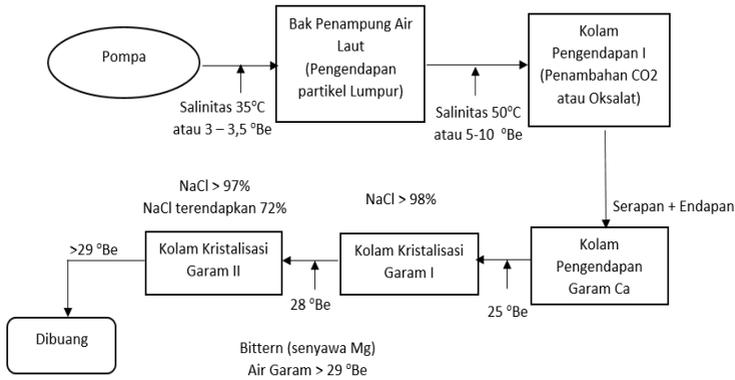
Potongan-potongan batuan garam yang telah hancur kemudian diangkut ke area penghancuran bawah tanah dan melewati kisi yang dikenal sebagai *grizzly*. *Grizzly* akan mengumpulkan potongan-potongan kecil berukuran sekitar 9 inci (23 cm). Potongan yang lebih besar akan hancur dalam silinder berputar di antara rahang dengan logam berduri. Garam tersebut kemudian diangkut ke luar tambang menuju ke area proses penghancuran sekunder

Pada proses penghancuran sekunder, *grizzly* yang lebih kecil dan *crusher* yang lebih kecil akan mengurangi ukuran partikel garam menjadi sekitar 3,2 inci (8 cm). Pada proses ini, benda asing seperti kotoran, akan dihilangkan dari garam. Proses penghilangan kotoran ini dikenal sebagai *picking*. Logam akan dihilangkan oleh magnet dan bahan-bahan lain dengan tangan. Material batuan-batuan juga dapat dihilangkan dalam Penghancur *Bradford* yang

merupakan *drum* metal yang berputar dengan lubang kecil di bagian bawah. Garam dimasukkan ke *drum*, lalu dipecah ketika bertubrukan di bagian bawah dan melewati lubang. Batuan-batuan umumnya lebih keras dari garam, sehingga tidak pecah dan tidak akan melewati alat tersebut. Garam yang lolos kemudian dipindahkan ke area penghancuran tersier.

Di dalam proses penghancuran tersier, *grizzly* paling kecil dan *crusher* akan menghasilkan ukuran partikel sekitar 1,0 inci (2,5 cm). Jika diinginkan partikel garam yang lebih kecil, maka garam akan dilewatkan melalui penggiling yang terdiri dari dua silinder logam yang bergulir terhadap satu sama lain. Jika diinginkan garam murni, maka garam dilarutkan dalam air untuk membentuk air garam untuk diproses lebih lanjut. Biasanya garam dihancurkan atau ditumbuk, lalu dilewatkan melalui penyaring untuk dipisahkan berdasarkan ukuran. Garam hasil tambang memiliki kemurnian yang berbeda-beda dalam komposisinya, bergantung pada lokasi, namun biasanya mengandung 95-99,5%. Selanjutnya garam hasil ini dituangkan ke dalam bag packing dan dikirim ke konsumen.

III.1.4 Proses Penguapan Air Laut (*Solar Evaporation*)



Gambar III.4 Diagram Proses Penguapan Air Laut (*Solar Evaporation*)

Langkah-langkah yang diperlukan dalam pembuatan garam melalui *solar evaporation* antara lain:

a. Pengeringan Lahan

Tahapan pengeringan lahan untuk pembuatan garam secara *solar evaporation* meliputi:

1. Pengeringan Lahan Peminihan dan
2. Pengeringan Lahan Kristalisasi.

Lahan pembuatan garam dibuat secara berpetak-petak dan bertingkat, sehingga dengan gaya gravitasi, air dapat mengalir ke hilir kapan saja dikehendaki. Kalsium dan magnesium sebagai unsur yang cukup banyak dikandung dalam air laut. Selain itu, NaCl juga perlu diendapkan agar didapatkan kadar NaCl yang lebih besar. Kalsium dan magnesium dapat terendapkan dalam bentuk garam sulfat, karbonat dan oksalat. Dalam proses pengendapan atau kristalisasi, garam karbonat dan oksalat akan mengendap terlebih dahulu, disusul dengan garam sulfat, dan yang terakhir adalah bentuk garam kloridanya.

b. Pengolahan Air Peminihan / Waduk

Pengolahan air peminihan atau waduk dibagi menjadi beberapa tahapan, antara lain:

1. Pemasukan air laut ke lahan peminihan,
2. Pemasukan air laut ke lahan kristalisasi,
3. Pengaturan air di peminihan,
4. Pengeluaran air garam ke meja kristal dan setelah habis dikeringkan selama satu minggu,
5. Pengeluaran *brine* dari peminihan tertua melalui *Brine Tank*, dan
6. Apabila air peminihan cukup untuk memenuhi meja kristal, selebihnya dipompa kembali ke waduk.

c. Pengolahan Air dan Tanah

Pengolahan air dan tanah terbagi menjadi beberapa proses, yaitu:

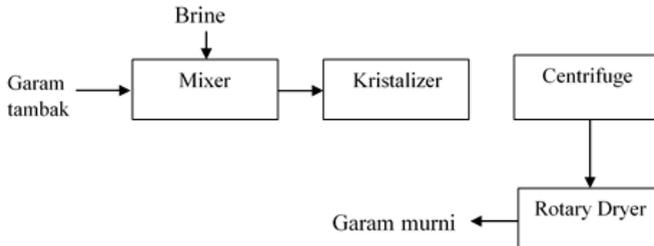
1. Proses Kristalisasi

Pada proses pengkristalan, bila seluruh zat yang terkandung dalam garam, termasuk zat selain natrium klorida yang terbentuk akan ikut terbawa (*impurities*). Proses kristalisasi yang demikian disebut dengan kristalisasi total.

2. Proses Pungutan

- Umur kristal garam 10 hari secara rutin (tergantung pada intensitas cahaya matahari),
- Pengaisan garam dilakukan secara hati-hati dengan ketebalan air meja garam yang cukup (3-5 cm), dan
- Pengangkutan garam dari meja ke timbangan membentuk profil (ditiriskan), kemudian diangkat ke gudang dan siap untuk dipasarkan.

III.1.5 Rekrystalisasi



Gambar III.5 Diagram Proses Rekrystalisasi

Pembuatan garam dengan proses rekrystalisasi menggunakan bahan baku garam tambak. Garam tambak tersebut mula-mula dicuci terlebih dahulu dengan larutan jenuh garam NaCl. Tujuan dari pencucian ini adalah untuk memisahkan pengotor-pengotor yang ada pada permukaan kristal. Selanjutnya dibuat larutan jenuh dari garam yang telah dicuci tersebut. Larutan jenuh garam NaCl ini selanjutnya dipanaskan dari suhu kamar sampai titik didihnya di dalam kristalizer batch. Setelah mencapai titik didihnya pemanasan dilakukan terus sehingga terjadi penguapan air dan kristalisasi garam dari larutan. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan oli pemanas yang berada di dalam jacket kristalizer. Selama proses kristalisasi dilakukan pengadukan. Pada akhir percobaan kristal yang terbentuk dipisahkan dari larutan induknya. Kristal yang telah terpisahkan selanjutnya dikeringkan. Selanjutnya dilakukan analisa kandungan pengotor (impurities) dari kristal yang sudah kering tersebut. Dari hasil analisa kandungan impurities ini selanjutnya ditentukan kadar NaCl dalam garam. Kadar NaCl setelah di rekrystalisasi mengandung kadar NaCl sebesar mencapai 99,01%.

(Setyoprato,dkk. 2003)

III.1.6 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 (impuritis) seperti senyawa-senyawa Mg, Ca dan kandungan zat pereduksi lainnya. Berikut beberapa uraian tentang proses pencucian:

1. Pencucian bertujuan untuk meningkatkan kandungan NaCl dan mengurangi unsur impurities seperti Mg, Ca, SO₄ dan kotoran-kotoran lainnya,
2. Kandungan Mg ≤ 10gr/Liter.

Untuk mengurangi impuritis dalam garam, dapat dilakukan dengan kombinasi dari peroses pencucian dan pelarutan cepat pada saat pembuatan garam. Sedangkan untuk penghilangan impuritis dari produk garam, dapat dilakukan dengan proses kimia, yaitu dengan mereaksiakannya dengan Na₂CO₃, NaOH, dan BaCl₂ sehingga terbentuk endapan CaCO₃, Mg(OH)₂, dan BaSO₄.



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%.

III.2 Parameter – Parameter dalam Pemilihan Proses

Dalam menentukan proses yang ingin digunakan, diperlukan beberapa parameter sebagai bahan pertimbangan. Adapun beberapa parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Bahan Baku Utama

Dari ketiga proses yaitu Proses *Vacuum Pan*, proses *Washing*, dan proses *Rock salt Mining* dapat dilihat bahan baku yang digunakan berbeda-beda. Dimana pada proses *Vacuum Pan* bahan baku yang digunakan adalah brine yang berasal dari air laut, yang memiliki kadar mineral 3%. Pada proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*) bahan baku yang digunakan adalah batuan garam yang berasal dari kumpulan mineral yang disebut dengan *Halite*. Adapun pada proses Pencucian dengan Brine (*Washing*) bahan baku yang digunakan berasal dari garam rakyat dengan kadar sekitar 94%.

Pada ketiga proses tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada proses *Vacuum pan*, kelebihan bahan baku utama yaitu banyaknya ketersediaan air laut dan tidak bergantung pada musim. Sedangkan kekurangannya yaitu proses pre-treatmentnya yang lebih mahal dan membutuhkan waktu lama. Pada proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*) batuan garam yang dihasilkan memiliki ukuran yang besar dan berwarna coklat serta berwarna abu-abu. Pada proses Pencucian dengan *Brine (Washing)* memiliki kelebihan dari garam rakyat tersebut yang dimana harga bahan baku yang cukup terjangkau (murah) dan tidak membutuhkan pre-treatment lagi. Sedangkan kekurangan dari Pencucian dengan *Brine (Washing)* adalah pembuatan garam rakyat yang tergantung pada musim kemarau, sehingga dibutuhkan storage yang berkapasitas besar yang berfungsi untuk menampung bahan baku agar proses produksi dapat berjalan secara kontinyu dalam jangka satu tahun.

2. Bahan Baku Pembantu

Pada pembuatan garam dengan proses *Vacuum Pan*, Penambangan Garam (*Rock salt Mining*) dan Pencucian dengan *Brine (Washing)* tidak hanya memiliki bahan baku utama namun memiliki bahan baku pembantu. Untuk proses *Vacuum Pan* bahan baku pembantu yang digunakan adalah *Soda Ash*, dan NaOH yang dimasukkan kedalam settling tank. Sedangkan untuk proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*) tidak membutuhkan bahan baku pembantu. Pada proses Pencucian dengan Brine

(*Washing*) bahan baku pembantu yang digunakan brine, Na_2CO_3 dan NaOH yang berfungsi untuk menghilangkan sejumlah zat-zat pengotor seperti senyawa – senyawa Mg , Ca .

3. Kebutuhan Energi (*Steam*)

Pada ketiga proses diatas, yaitu pada proses *Vacuum Pan*, *Washing*, Penambangan Garam (*Rock salt Mining*) dan Pencucian dengan *Brine (Washing)* memiliki kebutuhan energi yang berbeda-beda. Saat proses *Vacuum Pan*, energi yang dibutuhkan ada pada saat proses evaporator. Dimana, proses tersebut berfungsi untuk memanaskan uap, lalu yang nantinya untuk proses memekatkan garam. Beda halnya dengan proses penambangan Garam (*Rock Salt Mining*) dan pencucian dengan *Brine (Washing)* tidak adanya proses pemanasan, sehingga tidak dibutuhkan energi.

4. Kemurnian Produk

Pada proses *Vacuum Pan* pembuatan garam menghasilkan produk garam dengan kemurnian kadar NaCl sebesar 99-99,8% yang digunakan pada bidang farmasi. Untuk proses Penambangan Garam (*Rock Salt Mining*) pembuatan garam menghasilkan produk garam dengan kadar NaCl hingga 98%. Sedangkan proses Pencucian dengan *Brine (Washing)* menghasilkan produk garam dengan kadar NaCl hingga 96%, kadar NaCl sebesar 97% dikategorikan sebagai garam industri.

5. Kebutuhan Pasar Nasional

Kebutuhan pasar akan garam industri tinggi. Pada tahun 2018, untuk industri farmasi dengan kadar NaCl sebesar 99,8% membutuhkan garam sebesar 6,8 ribu ton. Garam industri untuk industri petrokimia memiliki kadar NaCl minimal 97%. Berdasarkan data dari Asosiasi Industri Pengguna Garam Indonesia (2018) kebutuhan akan garam industri untuk petrokimia 2018 sebesar 1,8 juta ton.

6. Pretreatment

Dari ketiga proses proses pembuatan garam industri yang telah disebutkan, dibutuhkan pretreatment pada tiap-tiap proses. Proses Vacuum Pan membutuhkan pretreatment berupa aerasi untuk menghilangkan H_2S yang terkandung dan settling tank untuk mengendapkan solid dan partikel terlarut. Rock Salt Mining memerlukan pretreatment berupa *crushing* dan *screening*. Garam melalui crusher untuk mengubah ukuran menjadi lebih kecil dan kemudian melalui screener untuk disortir sesuai dengan kebutuhan.

Washing merupakan proses pembuatan garam industri dengan metode pencucian dengan brine. Proses washing memerlukan pretreatment berupa *crushing* untuk mengubah ukuran partikel menjadi lebih kecil sebelum masuk kedalam *mixer tank*.

III.3 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 Pemurnian Garam

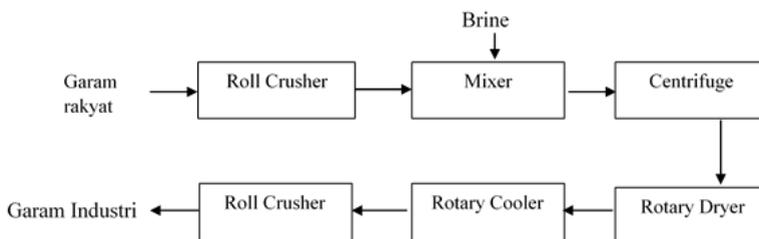
Parameter	Macam Proses					
	<i>Vacuum Pan</i>	<i>Open Pan</i>	<i>Rock Salt Mining</i>	<i>Solar Evaporation</i>	Rekristalisasi	Pencucian dengan <i>Brine</i>
Bahan Baku Utama	Garam rakyat / Brine	Garam rakyat / Brine	Batuan Garam	Air Laut / Brine	Garam Tambak	Garam rakyat
Bahan Baku Pembantu	Na ₂ CO ₃ , NaOH, Air	Air	-	Air	Brine	Brine, Na ₂ CO ₃ , NaOH
Kadar NaCl	99-99,8%	98,5 - 99,4 %	98,5 - 99,4 %	> 90 %	88,38-99,01%	> 94,7 %
Peralatan	Mahal	Mahal	Mahal	Murah	Mahal	Murah
Utilitas	Mahal	Mahal	Ekonomis	Ekonomis	Mahal	Ekonomis
Instrument-asi	Mahal	Mahal	Sederhana	Sederhana	Mahal	Sederhana

Dari uraian diatas terlihat bahwa dengan proses Pencucian dengan Brine lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses *Vacuum Pan*, *Open Pan*, *Rock Salt Mining*, *Solar Evaporation* dan rekristalisasi. Keuntungan dari proses Pencucian dengan Brine adalah menggunakan bahan baku yang mudah didapat yaitu garam rakyat dengan harga relatif murah. Yield produk yang dihasilkan juga telah memenuhi standart SNI 06-0303-1989 yaitu minimal 98,5%. Sehingga produk yang dihasilkan memenuhi standar pasar. Selain itu instrumentasi dan utilitas yang digunakan juga ekonomis dan sederhana sehingga harga peralatan menjadi lebih murah. Kekurangan dari Proses Pencucian dengan Brine adalah masih terdapat kandungan CaSO_4 , MgCl_2 dan MgSO_4 dalam garam hasil produksi walaupun dalam jumlah yang kecil. Tetapi secara keseluruhan, produk yang dihasilkan masih tetap dapat memenuhi SNI 06-0303-2012.

III.4 Uraian Proses

Proses pembuatan garam industri dari garam rakyat ini dapat dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

1. **Tahap *Pre-Treatment* Bahan Baku (Perlakuan awal)**
2. **Tahap *Washing and Separation* (Pencucian dan Pemisahan)**
3. **Tahap *Drying and Packing* Produk (Pengeringan dan Pengemasan)**



Gambar III.6 Block Diagram Proses Terpilih

III.4.1 Tahap *Pre-Treatment* Bahan Baku (Perlakuan awal)

Tahap pertama, garam rakyat dari Gudang Bahan Baku (F-111) dengan kadar NaCl 85,28% pada suhu 30°C di angkut menggunakan *Belt Conveyor* (J-112) menuju ke *Roll Crusher I* (C-110) untuk dilakukan proses *size reduction* (pengecilan ukuran) dari 50mm menjadi 4mm. Penggunaan *Roll crusher* karena selain untuk melakukan pengecilan ukuran juga untuk memecah inti Kristal garam tersebut. Dari *Roll Crusher* (C-110) garam rakyat diangkut menuju *Raw NaCl Silo* (F-211) dengan bantuan *Bucket elevator I* (J-113)

III.4.2 Tahap *Washing and Separation* (Pencucian dan Pemisahan)

Garam Rakyat dari *Raw NaCl Silo* (F-211) dialirkan secara gravitasi menuju *Mixing Tank I* (M-210). Garam yang masuk *Mixing Tank I* (M-210) kemudian ditambahkan larutan pencucinya yaitu berupa *Brine* jenuh yang dialirkan dari *Brine Tank* (M-410) dengan bantuan *Centrifugal Pump* (L-411) sehingga ion pengotor akan larut pada *Brine*. Setelah dilakukan proses pencucian, larutan garam dialirkan menuju *Screw Washer* (J-220) dimana dalam *Screw Washer* terjadi pencucian secara *Counter-Current*. Larutan garam dari *overflow* dialirkan menuju *Centrifuge* (H-230) untuk dilakukan pemisahan padat-cair dengan gaya sentrifugal dimana padatan garam akan berada didinding-dinding *centrifuge* dan cairan akan langsung jatuh dari *centrifuge*. Padatan garam (Kristal) yang masih basah akan diangkut menuju Unit 3 yaitu proses Pengeringan. Sedangkan larutan garam dari *Centrifuge* (H-230) dan *Screw Washer* (J-220) akan langsung dialirkan menuju *Dirty Brine Tank* (F-221). Kemudian brine kotor dialirkan menuju *Wasing Brine Tank* (M-420), dilakukan penambahan larutan koagulan untuk mengendapkan ion pengotor, sehingga *Brine* dapat direcycle dan digunakan kembali. Koagulan yang digunakan berupa Na_2CO_3 , NaOH dan BaCl_2 . Setelah terbentuk flok-flok dari ion pengotor, maka *Brine* tersebut akan dialirkan menuju *Clarifier* (H-423)

dimana flok-flok yang terbentuk akan dipisahkan dari *Brine* dengan prinsip gravitasi. *Brine* yang telah bebas dari ion pengotor akan direcycle kembali masuk ke *Brine Tank* (M-410) dengan bantuan *Centrifugal Pump* (L-425). Semua proses tersebut berlangsung pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm.

III.4.3 Tahap *Drying and Packing* Produk (Pengeringan dan Pengemasan)

Padatan (kristal garam) yang telah dipisahkan dari *brine* kemudian disalurkan menuju ke *Rotary Dryer* (B-310) untuk dilakukan proses pengeringan. Pada *Rotary Dryer* (B-310) terjadi proses pengeringan kristal garam pada suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm dengan bantuan udara panas yang masuk secara *counter current*. Udara Panas yang masuk dialirkan dari *Blower I* (G-311) yang terlebih dahulu dilewatkan pada *Steam Heater* (E-312) dengan suhu keluaran *Heater* diharapkan sekitar 120°C . Bahan yang keluar dari *Rotary Dryer* (B-310) ini memiliki konsentrasi NaCl sebesar 98,45% dan air maks 1%. Udara yang keluar dari *Rotary Dryer* (B-310) akan mengalami proses *treatment* terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke udara bebas, akan dipisahkan padatan garam yang terikut dengan menggunakan pemisah padat-gas berupa *Cyclone I* (H-313) sehingga udara yang dibuang sudah bersih dari partikel padatan. Produk Kristal garam yang keluar dari *Rotary Dryer* (B-310) bersuhu $\pm 98,1^{\circ}\text{C}$ masih terlalu panas sehingga harus dilakukan pendinginan terlebih dahulu.

Pada *Rotary Cooler* (B-315) terjadi proses pendinginan kristal garam dari *Rotary Dryer* (B-310) dengan udara pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan udara dari *Blower II* (G-314) yang masuk secara *counter current*. Bahan yang keluar dari *Rotary Cooler* (B-315) ini memiliki konsentrasi NaCl minimal 98,45%; air maks 1% dan suhu kristal garam sebesar $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Udara keluaran *cooler* juga tidak langsung dibuang melainkan dilakukan *treatment* terlebih dahulu dengan *Cyclone II* (H-316).

Produk keluaran dari *Rotary Cooler* (B-315) akan langsung menuju proses *size reduction*. Dimana produk keluaran cooler dialirkan menuju *Roll Crusher II* (C-320) dan dilanjutkan

penyeragaman ukuran sebesar 4 mm dengan menggunakan *Screener* (H-322) partikel yang tidak lolos akan di recycle kembali ke *Roll Crusher II* (C-320). Padatan yang telah melewati proses *size reduction* dan penyeragaman ukuran akan masuk kedalam *Product Silo* (F-323) untuk diteruskan menuju *NaCl Product Storage* (F-324).

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI

Kapasitas Produksi = 100.000,000 ton/tahun
 = 303.080,364 kg/hari
 = 12.628,349 kg/jam

 Ditetapkan
 1 tahun = 330 hari
 Waktu Operasi = 24 jam/hari
 Bahan Baku = 15.045,592 kg/jam
 Basis = 1 kg/jam

IV.1 Neraca Massa

1. Conveyor (J-112)

Fungsi : Transportasi garam rakyat dari Gudang Bahan Baku ke Roll Crusher.

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C



bel IV.1 Neraca Massa Pada Conveyor (J-112)

Neraca Massa Conveyor (J-112)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <2> Garam Rakyat			Aliran <2> Garam Rakyat		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8528	12.412,8925	NaCl	0,8528	12.412,8925
CaSO ₄	0,0075	109,7430	CaSO ₄	0,0075	109,7430

CaCl ₂	0,0068	99,5546	CaCl ₂	0,0068	99,5546
MgCl ₂	0,0145	211,0442	MgCl ₂	0,0145	211,0442
Mg(HCO ₃) ₂	0,0033	47,3030	Mg(HCO ₃) ₂	0,0033	47,3030
H ₂ O	0,1150	1.674,2355	H ₂ O	0,1150	1.674,2355
Total <2>	1,0000	14.554,7729	Total <2>	1,0000	14.554,7729
Total Aliran Masuk		14.554,7729	Total Aliran Keluar		14.554,7729

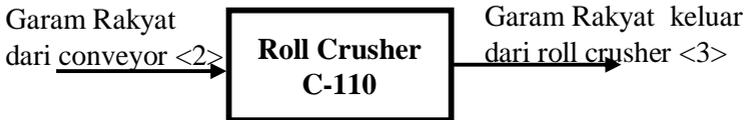
2. Roll Crusher (C-110)

Fungsi : Memperkecil ukuran garam rakyat

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C



Tabel IV.2 Neraca Massa Pada Roll Crusher (C-110)

Neraca Massa Roll Crusher (C-110)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <2> Garam Rakyat			Aliran <3> Garam Rakyat		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8528	12.412,8925	NaCl	0,8528	12.412,8925
CaSO ₄	0,0075	109,7430	CaSO ₄	0,0075	109,7430
CaCl ₂	0,0068	99,5546	CaCl ₂	0,0068	99,5546
MgCl ₂	0,0145	211,0442	MgCl ₂	0,0145	211,0442
Mg(HCO ₃) ₂	0,0033	47,3030	Mg(HCO ₃) ₂	0,0033	47,3030
H ₂ O	0,1150	1.674,2355	H ₂ O	0,1150	1.674,2355

Total <2>	1,0000	14.554,7729	Total <3>	1,0000	14.554,7729
------------------------	---------------	--------------------	------------------------	---------------	--------------------

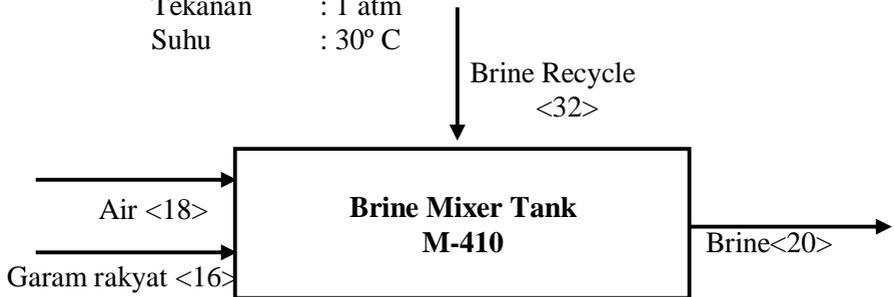
3. Brine Mixer Tank (M-410)

Fungsi : Tangki pencampuran antara garam rakyat dengan air untuk membuat Brine

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.3 Neraca Massa Pada Brine Tank (M-410)

Neraca Massa Brine Tank(M-410)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <16> Garam Rakyat			Aliran <20>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8528	418,5900	NaCl	0,2650	7.722,4379
CaSO ₄	0,0075	3,7008	CaSO ₄	0,0001	3,7008
CaCl ₂	0,0068	3,3572	CaCl ₂	0,0001	3,3572
MgCl ₂	0,0145	7,1169	MgCl ₂	0,0002	7,1169
Mg(HCO ₃) ₂	0,0033	1,5952	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,5952
H ₂ O	0,1150	56,4589	H ₂ O	0,7344	21.397,7222
CaCO ₃	0,0000	0,0000	CaCO ₃	0,0000	9,E-06
Mg(OH) ₂	0,0000	0,0000	Mg(OH) ₂	0,0000	2,E-08

BaSO ₄	0,0000	0,0000	BaSO ₄	0,0000	5,E-07
Total <16>	1,0000	490,8189	Total <20>	1,0000	29.135,9302
Aliran <18> Air					
Komponen		Massa (Kg)			
H ₂ O		1.851,9056			
Total <18>		1.851,9056			
Aliran <32> Brine Recycle					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
NaCl	0,2726	7.303,8460			
CaSO ₄	0,0000	0,0000			
CaCl ₂	0,0000	0,0000			
MgCl ₂	0,0000	0,0000			
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000			
H ₂ O	0,7274	19.489,3577			
CaCO ₃	0,0000	9,E-06			
Mg(OH) ₂	0,0000	2,E-08			
BaSO ₄	0,0000	5,E-07			
Total <32>	1,0000	26.793,2038			
Total Aliran Masuk		29.135,9302	Total Aliran Keluar	29.135,9302	

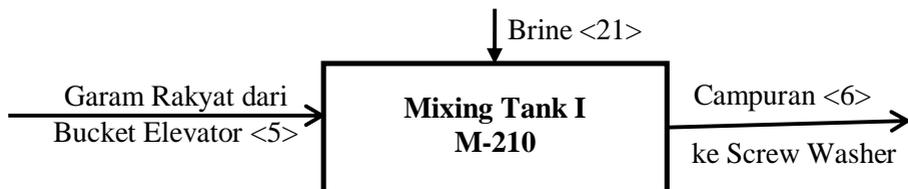
4. Mixing Tank I (M-210)

Fungsi : Proses Pencampuran Garam Rakyat dengan Brine

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.5 Neraca Massa Pada Mixing Tank I (M-210)

Neraca Massa Mixing Tank I (M-210)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <5> Garam Rakyat			Aliran <6> Garam (Solid)		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8528	12.412,8925	NaCl	0,8650	12.412,8925
CaSO ₄	0,0075	109,7430	CaSO ₄	0,0058	83,3484
CaCl ₂	0,0068	99,5546	CaCl ₂	0,0035	49,7773
MgCl ₂	0,0145	211,0442	MgCl ₂	0,0074	105,5221
Mg(HCO ₃) ₂	0,0033	47,3030	Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	23,6515
H ₂ O	0,1150	1.674,2355	H ₂ O	0,1167	1.674,2355
Total <5>	1,0000	14.554,7729	Total <6>	1,0000	14.349,4273
Aliran <21> Brine			Aliran <6> Brine		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2650	3.861,2190	NaCl	0,2614	3.861,2190
CaSO ₄	0,0001	1,8504	CaSO ₄	0,0019	28,2450

CaCl ₂	0,0001	1,6786	CaCl ₂	0,0035	51,4559
MgCl ₂	0,0002	3,5584	MgCl ₂	0,0074	109,0805
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,7976	Mg(HCO ₃) ₂	0,0017	24,4491
H ₂ O	0,7344	10.698,8611	H ₂ O	0,7242	10.698,8611
Total <21>	1,0000	14.567,9651	Total <6>	1,0000	14.773,3106
Total Aliran Masuk		29.122,7379	Total Aliran Keluar		29.122,7379

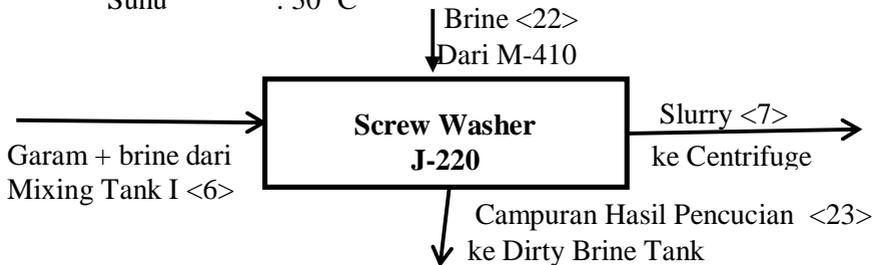
5. Screw Washer (J-220)

Fungsi : Proses pembilasan Garam Rakyat dengan Brine

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.6 Neraca Massa Pada Screw Washer (J-220)

Neraca Massa Screw Washer (J-220)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <6> Garam			Aliran <7> Garam (Solid)		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8650	12.412,8925	NaCl	0,8767	12.412,8925
CaSO ₄	0,0058	83,3484	CaSO ₄	0,0044	62,4333

CaCl ₂	0,0035	49,7773	CaCl ₂	0,0002	2,4889
MgCl ₂	0,0074	105,5221	MgCl ₂	0,0004	5,2761
Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	23,6515	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,1826
H ₂ O	0,1167	1.674,2355	H ₂ O	0,1182	1.674,2355
Total <6>	1,0000	14.349,4273	Total <7>	1,0000	14.158,5089
Aliran <6> Brine			Aliran <7> Brine		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2614	3.861,2190	NaCl	0,2619	386,1219
CaSO ₄	0,0019	28,2450	CaSO ₄	0,0000	0,0282
CaCl ₂	0,0035	51,4559	CaCl ₂	0,0034	5,0211
MgCl ₂	0,0074	109,0805	MgCl ₂	0,0072	10,6442
Mg(HCO ₃) ₂	0,0017	24,4491	Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	2,3858
H ₂ O	0,7242	10.698,8611	H ₂ O	0,7258	1.069,8861
Total <6>	1,0000	14.773,3106	Total <7>	1,0000	1.474,0874
Aliran <22> Brine			Aliran <23> Brine Kotor		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2650	3.861,2190	NaCl	0,2615	7.336,3160
CaSO ₄	0,0001	1,8504	CaSO ₄	0,0018	50,9822
CaCl ₂	0,0001	1,6786	CaCl ₂	0,0034	95,4018
MgCl ₂	0,0002	3,5584	MgCl ₂	0,0072	202,2407
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,7976	Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	45,3298
H ₂ O	0,7344	10.698,8611	H ₂ O	0,7245	20.327,8361
Total <22>	1,0000	14.567,9651	Total <23>	1,0000	28.058,1067
Total Aliran Masuk		43.690,7030	Total Aliran Keluar		43.690,7030

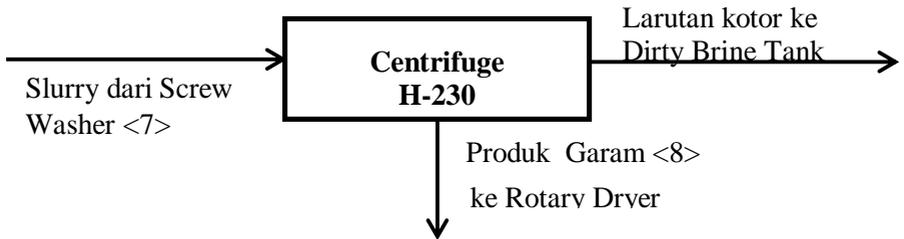
6. Centrifuge (H-230)

Fungsi : Memisahkan larutan brine dengan garam pada slurry dengan gaya sentrifugal

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.7 Neraca Massa pada Centrifuge (H-230)

Neraca Massa Centrifuge (H-230)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <7> Garam			Aliran <8> Garam		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8767	12.412,8925	NaCl	0,8737	12.432,1986
CaSO ₄	0,0044	62,4333	CaSO ₄	0,0042	59,7783
CaCl ₂	0,0002	2,4889	CaCl ₂	0,0002	2,7399
MgCl ₂	0,0004	5,2761	MgCl ₂	0,0004	5,8083
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,1826	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3019
H ₂ O	0,1182	1.674,2355	H ₂ O	0,1214	1.727,7298
Total <7>	1,0000	14.158,5089	Total <8>	1,0000	14.229,5568
Aliran <7> Brine			Aliran <24> Brine Kotor		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)

NaCl	0,2619	386,1219	NaCl	0,2614	366,8158
CaSO ₄	0,0000	0,0282	CaSO ₄	0,0019	2,6833
CaCl ₂	0,0034	5,0211	CaCl ₂	0,0034	4,7701
MgCl ₂	0,0072	10,6442	MgCl ₂	0,0072	10,1120
Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	2,3858	Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	2,2665
H ₂ O	0,7258	1.069,8861	H ₂ O	0,7244	1.016,3918
Total <7>	1,0000	1.474,0874	Total <24>	1,0000	1.403,0395
Total Aliran Masuk		15.632,5963	Total Aliran Keluar		15.632,5963

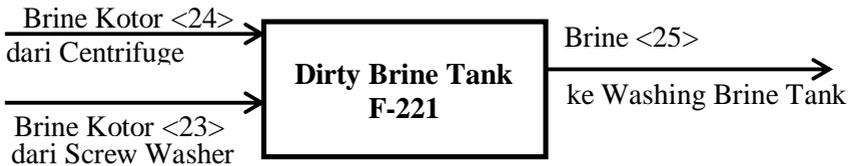
7. Dirty Brine Tank (F-221)

Fungsi : Tempat pencampuran brine kotor dari Centifuge (H-230) + Screw Washer (J-220).

Kondisi Operasi

Teknan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.8 Neraca Massa Pada Dirty Brine Tank (F-221)

Neraca Massa Dirty Brine Tank (F-221)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <23> Brine			Aliran <25> Brine		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2615	7.336,3160	NaCl	0,2615	7.703,1318
CaSO ₄	0,0018	50,9822	CaSO ₄	0,0018	53,6655

CaCl ₂	0,0034	95,4018	CaCl ₂	0,0034	100,1719
MgCl ₂	0,0072	202,2407	MgCl ₂	0,0072	212,3528
Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	45,3298	Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	47,5963
H ₂ O	0,7245	20.327,8361	H ₂ O	0,7245	21.344,2279
Total <23>	1,0000	28.058,1067	Total <25>	1,0000	29.461,1462
Aliran <24> Brine					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
NaCl	0,2614	366,8158			
CaSO ₄	0,0019	2,6833			
CaCl ₂	0,0034	4,7701			
MgCl ₂	0,0072	10,1120			
Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	2,2665			
H ₂ O	0,7244	1.016,3918			
Total <24>	1,0000	1.403,0395			
Total Aliran Masuk	29.461,1462				

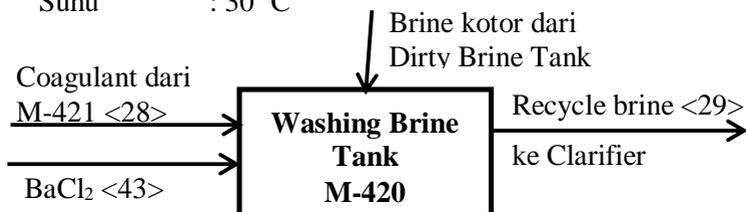
8. Washing Brine Tank (M-420)

Fungsi : Tempat pencampuran brine kotor dengan koagulan

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.9 Neraca Massa pada Washing Brine Tank (M-420)

Neraca Massa Washing Brine Tank (M-420)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <25> Brine Kotor			Aliran <29> Recycle Brine		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2615	7.703,1318	NaCl	0,2692	8.115,3845
CaSO ₄	0,0018	53,6655	CaSO ₄	0,0000	0,0000
CaCl ₂	0,0034	100,1719	CaCl ₂	0,0000	0,0000
MgCl ₂	0,0072	212,3528	MgCl ₂	0,0000	0,0000
Mg(HCO ₃) ₂	0,0016	47,5963	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,7245	21.344,2279	H ₂ O	0,7184	21.654,8419
NaOH	0,0000	0,0000	NaOH	0,0000	0,0000
Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000	Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000
CaCO ₃	0,0000	0,0000	CaCO ₃	0,0043	129,7973
Mg(OH) ₂	0,0000	0,0000	Mg(OH) ₂	0,0049	149,0416
BaSO ₄	0,0000	0,0000	BaSO ₄	0,0031	92,0047

Total <25>	1,0000	29.461,1462	Total <29>	1,0000	30.141,0700
Aliran <28> Koagulan					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
NaCl	0,0000	0,0000			
CaSO ₄	0,0000	0,0000			
CaCl ₂	0,0000	0,0000			
MgCl ₂	0,0000	0,0000			
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000			
H ₂ O	0,5233	298,8953			
NaOH	0,4035	230,4490			
Na ₂ CO ₃	0,0732	41,7806			
CaCO ₃	0,0000	0,0000			
Mg(OH) ₂	0,0000	0,0000			
Ca(OH) ₂	0,0000	0,0000			
Total <28>	1,0000	571,1248			
Aliran <43> BaCl ₂					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
BaCl	1,00000	82,0830			
Total <43>	1,00000	82,0830			
Total Aliran Masuk	30.141,0700	Total Aliran Keluar	30.141,0700		

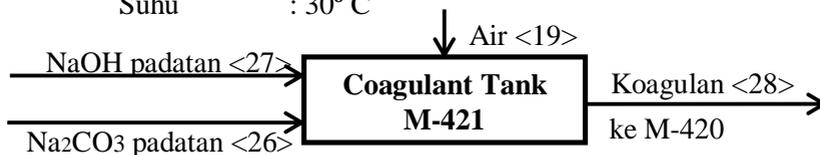
9. Coagulant Tank (M-421)

Fungsi : Pencampuran koagulan dengan air

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.10 Neraca Massa Pada Coagulant Tank (M-421)

Neraca Massa Coagulant Tank (M-421)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <19> Air			Aliran <28> Campuran Koagulan		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
H ₂ O	1,0000	298,8953	H ₂ O	0,5233	298,8953
NaOH	0,0000	0,0000	NaOH	0,4035	230,4490
Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000	Na ₂ CO ₃	0,0732	41,7806
Total <19>	1,0000	298,8953	Total <28>	1,0000	571,1248
Aliran <26> Na ₂ CO ₃					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
Na ₂ CO ₃	1,0000	41,7806			
Total <26>	1,0000	41,7806			
Aliran <27> NaOH					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
NaOH	1,0000	230,4490			
Total <27>	1,0000	230,4490			
Total Aliran Masuk		571,1248	Total Aliran Keluar		571,1248

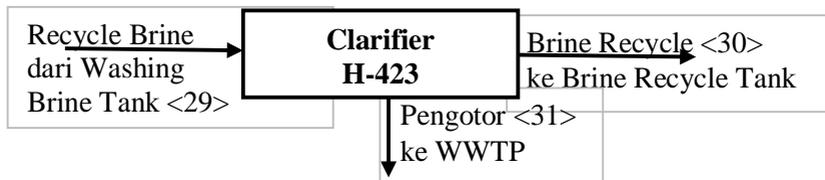
10. Clarifier (H-423)

Fungsi : Memisahkan larutan brine dari pengotor dengan proses sedimentasi

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.11 Neraca Massa Pada Clarifier (H-423)

Neraca Massa Clarifier (H-423)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <29> Brine			Aliran <30> Brine Recycle		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2726	8.115,3845	NaCl	0,2726	7.303,8460
CaSO ₄	0,0000	0,0000	CaSO ₄	0,0000	0,0000
CaCl ₂	0,0000	0,0000	CaCl ₂	0,0000	0,0000
MgCl ₂	0,0000	0,0000	MgCl ₂	0,0000	0,0000
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,7274	21.654,8419	H ₂ O	0,7274	19.489,3577
NaOH	0,0000	0,0000	NaOH	0,0000	0,0000
Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000	Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000
CaCO ₃	0,0000	1,E-05	CaCO ₃	0,0000	9,E-06
Mg(OH) ₂	0,0000	2,E-08	Mg(OH) ₂	0,0000	2,E-08
BaSO ₄	0,0000	5,E-07	BaSO ₄	0,0000	5,E-07

Total <29>	1,0000	29.770,2264	Total <30>	1,0000	26.793,2038
Aliran <29> Solid			Aliran <31> Pengotor		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,0000	0,0000	NaCl	0,2493	811,5385
CaSO ₄	0,0000	0,0000	CaSO ₄	0,0000	0,0000
CaCl ₂	0,0000	0,0000	CaCl ₂	0,0000	0,0000
MgCl ₂	0,0000	0,0000	MgCl ₂	0,0000	0,0000
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,0000	0,0000	H ₂ O	0,6651	2.165,4842
NaOH	0,0000	0,0000	NaOH	0,0000	0,0000
Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000	Na ₂ CO ₃	0,0000	0,0000
CaCO ₃	0,4655	129,7973	CaCO ₃	0,0399	129,7973
Mg(OH) ₂	0,5345	149,0416	Mg(OH) ₂	0,0458	149,0416
BaSO ₄	0,0000	92,0047	BaSO ₄	0,0000	92,0047
Total <29>	1,0000	278,8389	Total <31>	1,0000	3.255,8615
Total Aliran Masuk		30.049,0653	Total Aliran Keluar		30.049,0653

11. Brine Recycle Tank (F-424)

Fungsi : Tangki penampung Brine dari Clarifier

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.12 Neraca Massa Pada Brine Recycle Tank (F-424)

Neraca Massa Brine Recycle Tank (F-424)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <31>			Aliran <32>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,2726	7.303,8460	NaCl	0,2726	7.303,8460
CaSO ₄	0,0000	0,0000	CaSO ₄	0,0000	0,0000
CaCl ₂	0,0000	0,0000	CaCl ₂	0,0000	0,0000
MgCl ₂	0,0000	0,0000	MgCl ₂	0,0000	0,0000
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000
H ₂ O	0,7274	19.489,3577	H ₂ O	0,7274	19.489,3577
CaCO ₃	0,0000	9,E-06	CaCO ₃	0,0000	9,E-06
Mg(OH) ₂	0,0000	2,E-08	Mg(OH) ₂	0,0000	2,E-08
BaSO ₄	0,0000	5,E-07	BaSO ₄	0,0000	5,E-07
Total <31>	1,0000	26.793,2038	Total <32>	1,0000	26.793,2038

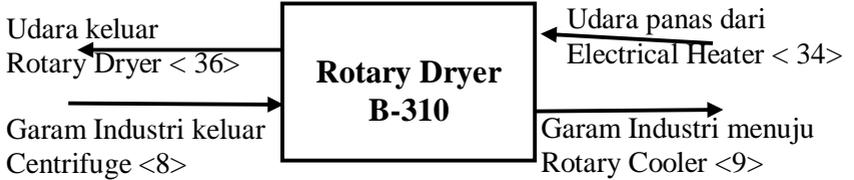
12. Rotary Dryer (B-310)

Fungsi : Mengurangi Kadar Air pada Produk Garam Industri

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 120° C = 393,15° K



Tabel IV.13 Neraca Massa Pada Rotary Dryer (B-310)

Neraca Massa Rotary Dryer (B-310)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <8> Garam			Aliran <9> Garam		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,8737	12.432,1986	NaCl	0,9845	12.307,8766
CaSO ₄	0,0042	59,7783	CaSO ₄	0,0047	59,1805
CaCl ₂	0,0002	2,7399	CaCl ₂	0,0002	2,7125
MgCl ₂	0,0004	5,8083	MgCl ₂	0,0005	5,7502
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3019	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,2888
H ₂ O	0,1214	1.727,7298	H ₂ O	0,0100	125,0183
Total <8>	1,0000	14.229,5568	Total <9>	1,0000	12.501,8270
Aliran <34>			Aliran <36>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,0000	0,0000	NaCl	0,0067	124,3220
CaSO ₄	0,0000	0,0000	CaSO ₄	0,0000	0,5978

CaCl ₂	0,0000	0,0000	CaCl ₂	0,0000	0,0274
MgCl ₂	0,0000	0,0000	MgCl ₂	0,0000	0,0581
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0130
H ₂ O	0,0018	30,1950	H ₂ O	0,0868	1.603,9617
Udara	0,9982	16.744,7823	Udara	0,9064	16.744,7823
Total <34>	1,0000	16.774,9773	Total <36>	1,0000	18.473,7623
Total Aliran Masuk		30.975,5893	Total Aliran Keluar		30.975,5893

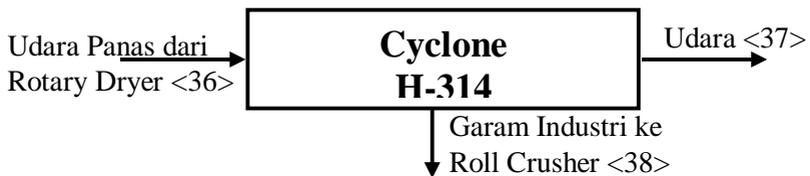
13. Cyclone (H-314)

Fungsi : Memisahkan kristal garam yang terbawa oleh udara proses

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.14 Neraca Massa Pada Cyclone (H-314)

Neraca Massa Cyclone (H-314)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <36>			Aliran <37>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,0067	124,3220	NaCl	0,0003	6,2161
CaSO ₄	0,0000	0,5978	CaSO ₄	0,0000	0,0299
CaCl ₂	0,0000	0,0274	CaCl ₂	0,0000	0,0014

MgCl ₂	0,0000	0,0581	MgCl ₂	0,0000	0,0029
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0130	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0007
H ₂ O	0,0868	1.603,9617	H ₂ O	0,0873	1.602,7807
Udara	0,9064	16.744,7823	Udara	0,9123	16.744,7823
Total <36>	1,0000	18.473,7623	Total <37>	1,0000	18.353,8139
			Aliran <38>		
			Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
			NaCl	0,9846	118,1059
			CaSO ₄	0,0047	0,5679
			CaCl ₂	0,0002	0,0260
			MgCl ₂	0,0005	0,0552
			Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,0124
			H ₂ O	0,0098	1,1811
			Udara	0,0000	0,0000
			Total <38>	1,0000	119,9484
Total Aliran Masuk	18.473,7623		Total Aliran Keluar	18.473,7623	

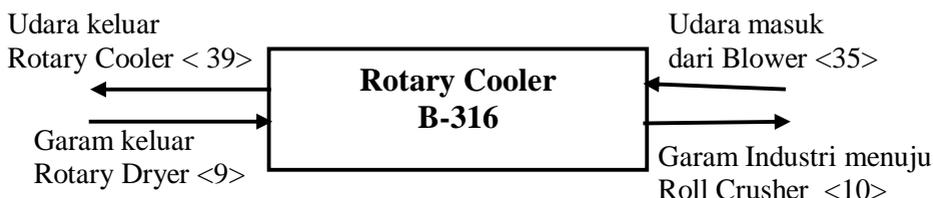
14. Rotary Cooler (B-316)

Fungsi : Mengurangi Kadar Air pada Produk Garam Industri

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C = 303,15° K



Tabel IV.15 Neraca Massa Pada Rotary Cooler (B-316)

Neraca Massa Rotary Cooler (B-316)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <9>			Aliran <10>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,9845	12.307,8766	NaCl	0,98449	12.184,7978
CaSO ₄	0,0047	59,1805	CaSO ₄	0,00473	58,58869
CaCl ₂	0,0002	2,7125	CaCl ₂	0,00022	2,68540
MgCl ₂	0,0005	5,7502	MgCl ₂	0,00046	5,69273
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,2888	Mg(HCO ₃) ₂	0,00010	1,27596
H ₂ O	0,0100	125,0183	H ₂ O	0,01000	123,7681
Total <9>	1,0000	12.501,8270	Total <10>	1,0000	12.376,8087
Aliran <35>			Aliran <39>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,0000	0,0000	NaCl	0,00755	123,07877

CaSO ₄	0,0000	0,0000	CaSO ₄	0,00004	0,59180
CaCl ₂	0,0000	0,0000	CaCl ₂	0,00000	0,02713
MgCl ₂	0,0000	0,0000	MgCl ₂	0,00000	0,05750
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0000	Mg(HCO ₃) ₂	0,00000	0,01289
H ₂ O	0,0018	29,1213	H ₂ O	0,00186	30,37151
Udara	0,9982	16.149,3963	Udara	0,99055	16.149,3963
Total <35>	1,0000	16.178,5177	Total <39>	1,0000	16.303,5359
Total Aliran Masuk		28.680,3446	Total Aliran Keluar		28.680,3446

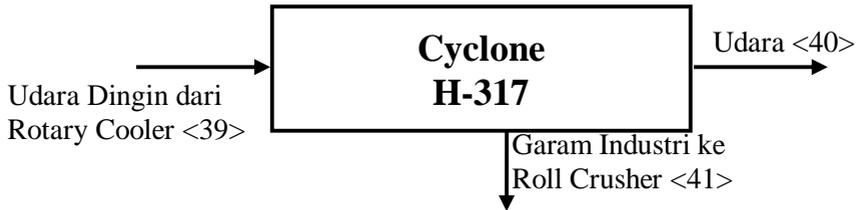
15. Cyclone (H-37)

Fungsi : Memisahkan kristal garam yang terbawa oleh udara proses

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.16 Neraca Massa Pada Cyclone (H-317)

Neraca Massa Cyclone (H-314)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <39>			Aliran <40>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,0075	123,0788	NaCl	0,0004	6,1539
CaSO ₄	0,0000	0,5918	CaSO ₄	0,0000	0,0296

CaCl ₂	0,0000	0,0271	CaCl ₂	0,0000	0,0014
MgCl ₂	0,0000	0,0575	MgCl ₂	0,0000	0,0029
Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0129	Mg(HCO ₃) ₂	0,0000	0,0006
H ₂ O	0,0019	30,3715	H ₂ O	0,0012	18,6790
Udara	0,9905	16.149,3963	Udara	0,9985	16.149,3963
Total <39>	1,0000	16.303,5359	Total <40>	1,0000	16.174,2638
			Aliran <41>		
			Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
			NaCl	0,9045	116,9248
			CaSO ₄	0,0043	0,5622
			CaCl ₂	0,0002	0,0258
			MgCl ₂	0,0004	0,0546
			Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,0122
			H ₂ O	0,0904	11,6925
			Udara	0,0000	0,0000
			Total <41>	1,0000	129,2722
Total Aliran Masuk	16.303,5359		Total Aliran Keluar	16.303,5359	

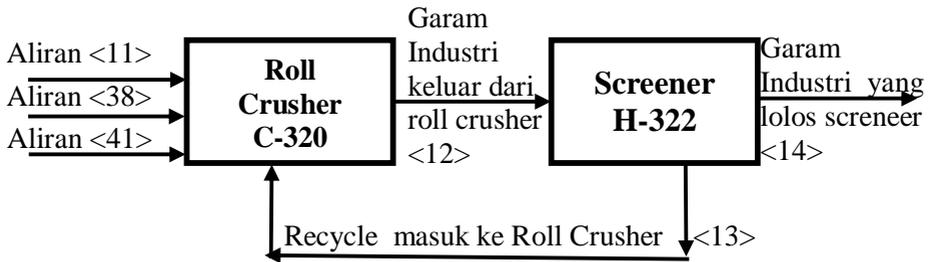
16. Roll Crusher (C-320), Screener (H-322)

Fungsi Roll Crusher : Mengubah ukuran garam industri
 Fungsi Screener : Mengayak garam rakyat dimana partikel yang tidak lolos akan dikembalikan ke dalam roll crusher

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30° C



Tabel IV.17 Neraca Massa Pada Roll Crusher (C-320)

Neraca Massa Roll Crusher (C-320)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <11>			Aliran <12>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,9845	12.184,7978	NaCl	0,9845	13.084,3706
CaSO ₄	0,0047	58,5887	CaSO ₄	0,0047	62,9141
CaCl ₂	0,0002	2,6854	CaCl ₂	0,0002	2,8837
MgCl ₂	0,0005	5,6927	MgCl ₂	0,0005	6,1130
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,2760	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3702
H ₂ O	0,0100	123,7681	H ₂ O	0,0100	132,9056
Total <11>	1,0000	12.376,8087	Total <12>	1,0000	13.290,5571
Aliran <41>					
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)			
NaCl	0,9045	116,9248			
CaSO ₄	0,0043	0,5622			
CaCl ₂	0,0002	0,0258			
MgCl ₂	0,0004	0,0546			

Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,0122		
H ₂ O	0,0904	11,6925		
Total <41>	1,0000	129,2722		
Aliran <38>				
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)		
NaCl	0,9846	118,1059		
CaSO ₄	0,0047	0,5679		
CaCl ₂	0,0002	0,0260		
MgCl ₂	0,0005	0,0552		
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,0124		
H ₂ O	0,0098	1,1811		
Total <38>	1,0000	119,9484		
Aliran <13> Recycle				
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)		
NaCl	0,9845	654,2185		
CaSO ₄	0,0047	3,1457		
CaCl ₂	0,0002	0,1442		
MgCl ₂	0,0005	0,3057		
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,0685		
H ₂ O	0,0100	6,6453		
Total <13>	1,0000	664,5279		
Total Aliran Masuk	13.290,5571	Total Aliran Keluar	13.290,5571	

Tabel IV.18 Neraca Massa Pada Screener (H-322)

Neraca Massa Screener (H-322)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <12>			Aliran <13> Recycle		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,9845	13.084,3706	NaCl	0,9845	654,2185
CaSO ₄	0,0047	62,9141	CaSO ₄	0,0047	3,1457
CaCl ₂	0,0002	2,8837	CaCl ₂	0,0002	0,1442
MgCl ₂	0,0005	6,1130	MgCl ₂	0,0005	0,3057
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3702	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	0,0685
H ₂ O	0,0100	132,9056	H ₂ O	0,0100	6,6453
Total <12>	1,0000	13.290,5571	Total <13>	1,0000	664,5279
			Aliran <14>		
			Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
			NaCl	0,9845	12.430,1521
			CaSO ₄	0,0047	59,7684
			CaCl ₂	0,0002	2,7395
			MgCl ₂	0,0005	5,8074
			Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3016
			H ₂ O	0,0100	126,2603
			Total <14>	1,0000	12.626,0293
Total Aliran Masuk		13.290,5571	Total Aliran Keluar		13.290,5571

17. Silo (F-323)

Fungsi : Tempat penampung garam industri
 Kondisi Operasi
 Tekanan : 1 atm
 Suhu : 30° C



Tabel IV.19 Neraca Massa Pada Silo (F-323)

Neraca Massa Silo (F-323)					
Massa Aliran Masuk			Massa Aliran Keluar		
Aliran <14>			Aliran <15>		
Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)	Komponen	Fraksi Massa	Massa (Kg)
NaCl	0,9845	12.430,1521	NaCl	0,9845	12.430,1521
CaSO ₄	0,0047	59,7684	CaSO ₄	0,0047	59,7684
CaCl ₂	0,0002	2,7395	CaCl ₂	0,0002	2,7395
MgCl ₂	0,0005	5,8074	MgCl ₂	0,0005	5,8074
Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3016	Mg(HCO ₃) ₂	0,0001	1,3016
H ₂ O	0,0100	126,2603	H ₂ O	0,0100	126,2603
Total <14>	1,0000	12.626,0293	Total <15>	1,0000	12.626,0293
Total Aliran Masuk		12.626,0293	Total Aliran Keluar		12.626,0293

IV.2 Neraca Energi

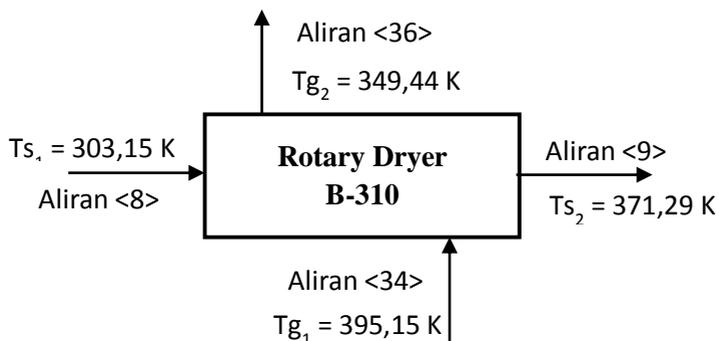
Tabel IV.20 Data *Heat Capacity* Komponen

<i>Data Heat Capacity</i>			
Komponen	BM	Phase	<i>Heat Capacity (Cp, kkal/kgmol.K)</i>
NaCl	58,44	c	$10.79 + 0.00420 T$
CaSO ₄	136	c	$18.52 + 0.02197 T - 156800/T^2$
CaCl ₂	111	c	$16.9 + 0.00386 T$
MgCl ₂	95	c	$17.3 + 0.00377 T$
KCl	74,5	c	$10.93 + 0.00376 T$
Mg(HCO ₃) ₂	146,3	c	$10.87 + 0.008712 T - 241200/T^2$
KBr	60	c	$11.49 + 0.00360 T$
KIO ₃	214	c	$6.02 + 0.053 T$
H ₂ O	18	l	$4.373 + 0.113 T - 0.0003 T^2$
		g	$8.22 + 0.00015 T + 0.00000134 T^2$

*) c = solid; l = liquid; g = gas

(Perry,2002)

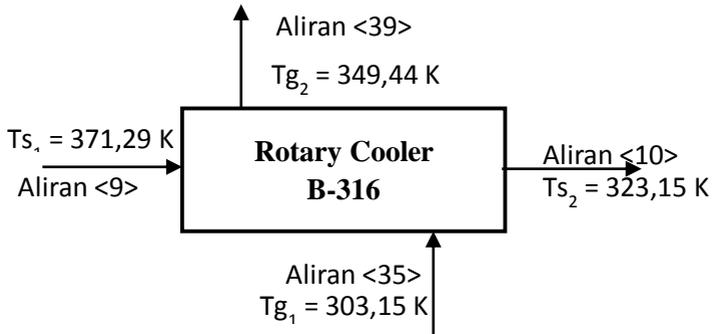
1. Rotary Dryer B-310



Tabel IV.21 Neraca Energi Pada Rotary Dryer (B-310)

Neraca Energi Rotary Dryer (B-310)			
Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
Aliran	H (kkal)	Aliran	H (kkal)
<8> Garam Basah	18.684,9856	<9> Kristal NaCl	192.733,5283
<34> Udara Panas	579.764,0755	<36> Udara Keluar	405.715,5328
Total Aliran Masuk	598.449,0611	Total Aliran Keluar	598.449,0611

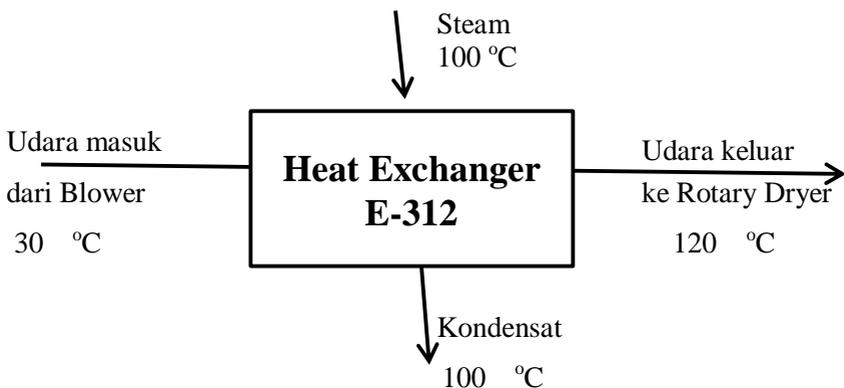
2. Rotary Cooler (B-316)



Tabel IV.22 Neraca Energi Pada Rotary Cooler (B-316)

Neraca Energi Rotary Cooler (B-316)			
Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
Aliran	H (kkal)	Aliran	H (kkal)
<9> Garam Masuk	192.733,5283	<10> Garam Keluar	13.417,5046
<35> Udara Dingin	227.866,1142	<39> Udara Panas	407.182,1380
Total Aliran Masuk	420.559,64	Total Aliran Keluar	420.559,64

3. Heat Exchanger (E-312)



Tabel IV.23 Neraca Energi Pada Heat Exchanger (F-312)

Neraca Energi Heat Exchanger (F-312)			
Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
Aliran	H (kkal)	Aliran	H (kkal)
<34> Udara Masuk	20.089,2378	<34> Udara Keluar	385.456,1123
<44> Steam	494.870,2684	<45> Kondensat	110.273,5584
		Q Loss	19.229,8355
Total Aliran Masuk	514.959,51	Total Aliran Keluar	514.959,51

BAB V

DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam Pra-Desain Pabrik Pengolahan Garam Rakyat Sebagai Garam Industri adalah sebagai berikut:

1. NaCl Raw Storage (F-111)

Tabel V.1. Spesifikasi Storage

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	NaCl Raw Storage (F-111)
Fungsi	Untuk menyimpan bahan baku garam rakyat sebagai persediaan produksi garam industri
Tipe	Housing
Bentuk bangunan	Fondasi berbentuk persegi panjang dengan atap berfentilasi
Tinggi gudang (m)	8
Panjang gudang (m)	72
Lebar Gudang (m)	36
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	100.398,21

2. Belt Conveyor I (J-112)

Tabel V.2. Spesifikasi Belt Conveyor

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Belt Conveyor I (J-112)
Fungsi	Mengangkut bahan baku (garam rakyat) dari storage menuju Roll Crusher I
Tipe	Closed through idler rubber belt conveyor with intermediate bearing
Diameter belt (in)	16
Panjang Conveyor (m)	30
Jarak conveyor (m)	9
Inclination (⁰)	7
Belt Speed (m/s)	1
Power (kW)	2
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	32.927,80

3. Roll Crusher I (C-110)

Tabel V.3 Spesifikasi Roll Crusher

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Roll Crusher I (C-110)
Fungsi	Memperkecil ukuran partikel garam rakyat menjadi untuk mengoptimalkan proses washing
Tipe	Roll Crusher
Diameter Roll (ft)	1,5
Lebar Roll (m)	1
Kecepatan rotasi (rpm)	30
Ukuran feed (mm)	50
Ukuran produk (mm)	4
Power (kW)	10
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	38.193,44

4. Bucket Elevator I (J-113)

Tabel V.4 Spesifikasi Bucket Elevator I

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Bucket Elevator I (J-114)
Fungsi	Mengangkut garam rakyat yang telah dihancurkan dari roll crusher ke dalam Raw NaCl Silo.
Tipe Elevator	Slow Speed gravity charge
Tipe Bucket	Deep bucket
Bahan Konstruksi	Salt (Abrasive-small lumped)
Tinggi (m)	13
Kecepatan belt (m/s)	1
Kapasitas bucket (liter)	3,2
Lebar Bucket (in)	14
Tinggi bucket (in)	4
Jarak antar Bucket (in)	16
Power (kW)	0,5
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	9.969,61

5. Raw NaCl Silo (F-211)

Tabel V.5 Spesifikasi Raw NaCl Silo

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Raw NaCl Silo (F-212)
Fungsi	Tempat penyimpanan sementara garam rakyat sebelum masuk Mixing tank I (M-210)
Bentuk Tangki	Persegi panjang dengan tutup bawah limas
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	5
Lebar (m)	1,5
Panjang (m)	1,5
Tebal (in)	2
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	8.073,98

6. Mixing Tank I (M-210)

Tabel V.6 Spesifikasi Mixing Tank I

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Mixing Tank I (M-210)
Fungsi	Silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished head. Sebagai tempat pencucian garam rakyat
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	3
Diameter (m)	1,7
Tebal silinder (in)	3/16
Tebal tutup (in)	3/16
Jenis Pengaduk	Axial Flow Propeller
Diameter pengaduk (m)	0,6
Kecepatan pengaduk (rpm)	90
Power (kW)	0,5
Diameter Nozzle	aliran <5> : 2,5 in aliran <21> : 3,0 in aliran <6> : 3,5 in
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	115.352,63

7. Screw Washer (J-220)

Tabel V.7 Spesifikasi Screw Washer

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Screw Washer (J-220)
Fungsi	Conveyor dengan solid screw dan dilengkapi dengan intermediete bearing
Tipe Aliran	Counter-Current Flow
Diameter Screw (m)	0,7
Screw Rotation (rpm)	30
Panjang screw (m)	6
Inclination ($^{\circ}$)	20
Power (kW)	650
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	26.187,78

8. Dirty Brine Tank (F-221)

Tabel V.8 Spesifikasi Brine Tank

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Dirty Brine Tank (F-221)
Fungsi	Tempat menampung brine kotor hasil pencucian dari Screw Washer serta output Centrifuge
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	7
Lebar (m)	2,2
Panjang (m)	2,2
Tebal (in)	3
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	34.612,81

9. Centrifuge (H-230)

Tabel V.9 Spesifikasi Centrifuge

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Centrifuge (H-230)
Fungsi	Memisahkan padatan garam dan brine pada slurry dengan gaya sentrifugal
Tipe	Disk Bowl Centrifuge
Diameter Bowl (in)	10
Power motor (kW)	0,5
Diameter disk (in)	5,0
Kecepatan Rotasi (rpm)	12000
Jumlah (unit)	1
Harga Satuan (\$)	19.096,72

10. Rotary Dryer (B-310)

Tabel V.11 Spesifikasi Rotary Dryer

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Rotary dryer (B-310)
Fungsi	Mengurangi kadar air garam industri setelah melewati centrifuge dengan udara panas.
Tipe	Direct heat rotary dryer
Bahan	SS 304
Panjang (m)	16
Diameter (m)	5
Tebal Insulasi (in)	1
Power (kW)	30
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	228,669,20

11. Blower I (G-311)

Tabel V.11 Spesifikasi Blower I

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Blower I (G-311)
Fungsi	Mengalirkan udara panas ke steam heater untuk keperluan rotary dryer
Tipe	Single Stage blower pressure
Power (kW)	14,0
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	18.535,05

12. Steam Heater (E-312)

Tabel V.12 Spesifikasi Steam Heater

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Steam Heater (E-312)
Fungsi	Memanaskan udara sebelum masuk rotary dryer
Jenis Elemen	Heat Exchanger
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Shell Side	ID : 19,3 in n' : 1 B : 2 in
Tube Side	OD : 0,75 in L : 8 ft n : 1 BWG : 12
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	10.671,70

13. Cyclone I (H-313)

Tabel V.13 Spesifikasi Cyclone

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Cyclone I (H-313)
Fungsi	Memisahkan garam industri yang terikut udara proses
Dc (m)	2,8
De (m)	1,4
Hc (m)	1,4
Lc (m)	5,5
Sc (m)	0,4
Zc (m)	5,6
Jc (m)	0,7
Tebal Cyclone (in)	3/16
Outside Diameter (m)	0,7
Tebal Konis (in)	3/16
Jumlah	1.00
Harga Satuan (\$)	12.075,87

14. Blower II (G-314)

Tabel V.14 Spesifikasi Blower

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Blower II (G-314)
Fungsi	Transportasi udara panas ke heater untuk keperluan rotary dryer
Tipe	Mengeringkan garam industri setelah melewati centrifuge
Power (kW)	14
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	18.535,05

15. Rotary Cooler (B-315)

Tabel V.15 Spesifikasi Rotary Cooler

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Rotary Cooler (B-315)
Fungsi	Mendinginkan produk garam industri dari Rotary Dyer
Bahan	SS 304
Panjang (m)	8
Diameter (m)	1,5
Power (kW)	60
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	228.669,20

16. Cyclone (H-317)

Tabel V.16 Spesifikasi Cyclone

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Cyclone (H-314)
Fungsi	Memisahkan garam industri yang terikut udara proses
Dc (m)	2,8
De (m)	1,4
Hc (m)	1,4
Lc (m)	5,6
Sc (m)	0,4
Zc (m)	5,6
Jc (m)	0,7
Tebal Cyclone (in)	3/16
Outside Diameter (m)	0,7
Tebal Konis (in)	3/16
Jumlah	1.00
Harga Satuan (\$)	12.075,87

17. Bucket Elevator II (J-321)

Tabel V.17 Spesifikasi Bucket Elevator II

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Bucket Elevator II (J-321)
Fungsi	Mengangkut garam industri dari Rotary Cooler (B-316) ke Roll Crusher (C-320)
Tipe Elevator	Slow Speed gravity charge
Tipe Bucket	Deep bucket
Bahan Konstruksi	Salt (Abrasive-small lumped)
Tinggi (m)	10
Kecepatan belt (m/s)	1
Kapasitas bucket (liter)	3,2
Lebar Bucket (in)	14
Tinggi bucket (in)	4
Jarak antar Bucket (in)	16
Power (kW)	0,5
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	10.461,07

18. Roller Crusher II (C-320)

Tabel V.18 Spesifikasi Roller Crusher II

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Roller Crusher II (C-320)
Fungsi	Mengecilkan ukuran garam industri.
Tipe	Ball Mill Crusher
Diameter (ft)	1,5
Lebar (ft)	1
Kecepatan rotasi(rpm)	30
Ukuran feed (mesh)	50
Ukuran produk (mesh)	4
Power (kW)	12,5
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	64.942,90

19. Screener (H-322)

Tabel V.19 Spesifikasi Screener

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Screener (H-322)
Fungsi	Menyaring garam rakyat yang tidak sesuai ukuran standard.
Tipe Screener	High Speed Vibrating Screen
Luas Screen (m ²)	2.25 m
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	16.779,84

20. Product Silo (F-323)

Tabel V.20 Spesifikasi Product Silo

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Product Silo (F-323)
Fungsi	Tempat penyimpanan sementara produk Garam Industri sebelum masuk Storage
Bentuk Tangki	Persegi panjang dengan tutup bawah limas
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	4
Lebar (m)	1,5
Panjang (m)	1,5
Tebal (in)	2
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	8.073,98

21. NaCl Product Storage (F-324)

Tabel V.21 Spesifikasi NaCl Product Storage

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	NaCl Product Storage (F-324)
Fungsi	Penyimpanan produk garam industri.
Tipe	Housing
Bentuk bangunan	Fondasi berbentuk persegi panjang dengan atap berfentilasi
Tinggi gudang (m)	8
Panjang gudang (m)	31
Lebar Gudang (m)	16
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	100.398,21

22. Bucket Elevator III (J-325)

Tabel V.22 Spesifikasi Bucket Elevator III

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Bucket Elevator III (J-325)
Fungsi	Mengembalikan garam yang tidak lolos Screener (C-320) ke Roll Crusher (J-325)
Tipe Elevator	Slow Speed gravity charge
Tipe Bucket	Deep bucket
Bahan Konstruksi	Salt (Abrasive-small lumped)
Tinggi (m)	5
Kecepatan belt (m/s)	1
Kapasitas bucket (liter)	3,2
Lebar Bucket (in)	14
Tinggi bucket (in)	4
Jarak antar Bucket (in)	16
Power (kW)	0.5
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	10.671,70

23. Brine Tank (M-410)

Tabel V.23 Spesifikasi Brine Tank

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Brine Tank (M-410)
Fungsi	Silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished head. Tempat pembuatan larutan Brine.
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	6
Diameter (m)	3,5
Tebal silinder (in)	3/16
Tebal tutup (in)	3/16
Jenis Pengaduk	Axial Flow Propeller
Diameter pengaduk (m)	1,12
Kecepatan pengaduk (rpm)	60
Power (kW)	4
Diameter Nozzle (in)	Aliran <16> : 0,50 Aliran <32> : 3,50 Aliran <18> : 1,25 Aliran <20> : 3,00
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	269.811,41

24. Brine Pump (L-411)

Tabel V.24 Spesifikasi Brine Pump

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	Brine Pump (L-411)
Fungsi	Memindahkan brine dari Brine Tank ke dalam proses washing garam
Tipe	Centrifugal Pump
Nominal Size of Pipe	3 in sch 40
Outside Diameter of Pipe (in)	3,5
Inside Diameter of Pipe (in)	3,068
Power (kW)	0,5
Jumlah (unit)	1 unit
Harga Satuan (\$)	6.459,19

25. Belt Conveyor II (J-412)

Tabel V.25 Spesifikasi Belt Conveyor II

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Belt Conveyor II (J-412)
Fungsi	Mengangkut garam rakyat dari gudang Brine Tank untuk pembuatan larutan brine
Tipe	Closed through idler rubber belt conveyor with intermediete bearing
Lebar belt (in)	16,0
Panjang Conveyor (m)	30
Inclination (⁰)	30
Belt Speed (m/s)	7
Power (kW)	1
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	10.741,91

26. Washing Brine Tank (M-420)

Tabel V.26 Spesifikasi Brine Tank

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Washing Brine Tank II (M-420)
Fungsi	Silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished head. Tempat mengendapkan impurities dari Brine Kotor setelah proses pencucian.
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	6
Diameter (m)	3,3
Tebal silinder (in)	3/16
Tebal tutup (in)	3/16
Jenis Pengaduk	Axial Flow Propeller
Diameter pengaduk (m)	1,1
Kecepatan pengaduk (rpm)	60
Power (kW)	4
Diameter Nozzle (in)	Aliran <25> : 4,00 Aliran <28> : 0,75 Aliran <43> : 0,50 Aliran <29> : 4,00
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	55.464,74

27. Coagulant Tank II (M-421)

Tabel V.27 Spesifikasi Coagulant Tank

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Coagulant Tank II (M-420)
Fungsi	Silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished head. Sebagai tempat pencampuran NaOH dan Na ₂ CO ₃ dengan air.
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	1,7
Diameter (m)	1
Tebal silinder (in)	3/16
Tebal tutup (in)	3/16
Jenis Pengaduk	Axial Flow Propeller
Diameter pengaduk (m)	0,10
Kecepatan pengaduk (rpm)	1500
Power (kW)	0,5
Diameter Nozzle (in)	Aliran <26> : 0,5 Aliran <27> : 0,5 Aliran <19> : 0,5
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	49.988,48

28. Coagulant Pump (L-422)

Tabel V.28 Spesifikasi Coagulant Pump

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	Coagulant Pump (L-422)
Fungsi	Mengalirkan larutan NaOH + Na ₂ CO ₃ dari Coagulant Tank ke Washing Brine Tank
Tipe	Centrifugal Pump
Nominal Size of Pipe	3/4 in sch 40
Outside Diameter of Pipe (in)	1,05
Inside Diameter of Pipe (in)	0,824
Power (kW)	0,5
Jumlah (unit)	1 unit
Harga Satuan (\$)	6.459,19

29. Clarifier (H-423)

Tabel V.29 Spesifikasi Clarifier

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	Clarifier (H-423)
Fungsi	Memisahkan Brine dengan endapan dari proses regenerasi dengan proses sedimentasi
Tipe	Continous Clarifier
Diameter (m)	4
Tinggi silinder (m)	1
Tinggi conical (m)	3
Tebal silinder (in)	3/16
Tebal conical (in)	3/16
Power (kW)	0,5
Jumlah (unit)	1
Harga Satuan (\$)	108.261,56

30. Brine Recycle Tank (F-424)

Tabel V.30 Spesifikasi Brine Recycle Tank

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Brine Tank (F-423)
Fungsi	Menampung Brine hasil regenerasi dari Clarifier
Bahan Konstruksi	SS 316
Tinggi (m)	6,5
Lebar (m)	2
Panjang (m)	2
Tebal (in)	3
Jumlah (Unit)	1
Harga Satuan (\$)	32.612,81

31. Brine Recycle Pump (L-425)

Tabel V.31 Spesifikasi Coagulant Pump

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	Brine Recycle Pump (L-425)
Fungsi	Mengalirkan Brine Recycle dari Brine Recycle Tank ke Tank ke Brine Tank
Tipe	Centrifugal Pump
Nominal Size of Pipe	3,5 in sch 40
Outside Diameter of Pipe (in)	4
Inside Diameter of Pipe (in)	3,548
Power (kW)	1,5
Jumlah (unit)	1 unit
Harga Satuan (\$)	6.459,19

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

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

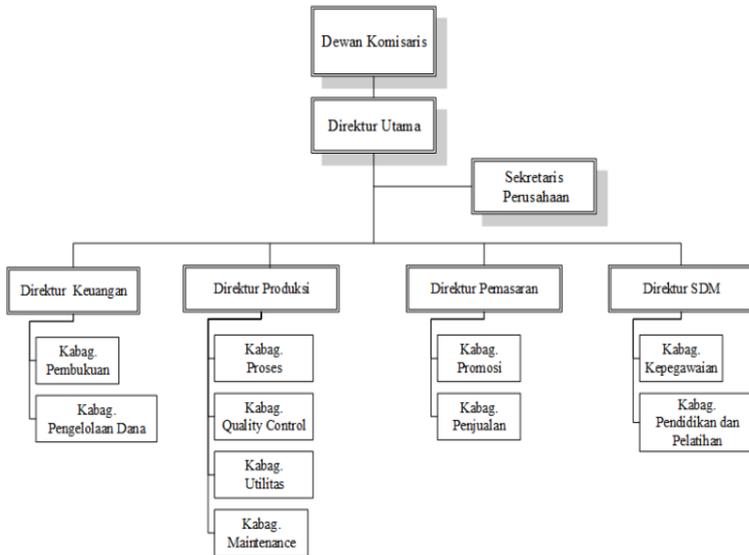
Bentuk badan perusahaan dalam Pabrik Garam Industri ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah organisasi usaha yang memiliki badan hukum resmi yang hanya berlaku pada perusahaan tanpa melibatkan harta pribadi atau perseorangan yang ada di dalamnya. Di dalam PT, pemilik modal tidak 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. Secara umum, tugas direktur diuraikan sebagai berikut.

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 dibawahinya.
- Mengumpulkan fakta-fakta berdasarkan bidangnya, kemudian menggolongkan, serta mengevaluasinya.

Adapun direktur utama membawahi 4 orang direktur dengan bidang masing-masing: Keuangan; Produksi; Pemasaran; dan

SDM, sebagai pimpinan dari sektor yang dibawahinya. Tugas dari masing-masing direktur, adalah sebagai berikut :

A. Direktur Keuangan, (Pembukuan, serta Pengelolaan Dana)

- Bertanggung jawab terhadap kinerja keuangan sebuah perusahaan
- Bertanggung jawab membuat laporan keuangan perusahaan
- Mengawasi laporan keuangan perusahaan
- Menyusun strategi dan meningkatkan pertumbuhan keuangan perusahaan
- Meminimalisir resiko keuangan yang mungkin merugikan perusahaan

B. Direktur Produksi, (Quality Control, Proses, Utilitas, dan Maintenance)

- Bertanggung jawab terhadap seluruh proses operasional, produksi, proyek hingga kualitas hasil produksi
- Menyusun strategi dalam pemenuhan target perusahaan, dan cara mencapai target tersebut
- Bertanggung jawab terhadap pengembangan kualitas produk
- Mengecek, mengawasi dan menentukan semua kebutuhan dalam proses operasional perusahaan

C. Direktur Pemasaran, (Promosi, dan Penjualan)

- Melihat secara jeli peluang perusahaan.
- Menyusun strategi dalam pemenuhan target perusahaan, dan cara mencapai target tersebut.
- Melakukan pemantauan dan menganalisis tren pasar.
- Mengelola materi promosi
- Melindungi nilai organisasi dengan menjaga informasi rahasia.

D. Direktur SDM, (Kepegawaian, serta Pendidikan dan Pelatihan)

- Bertanggung jawab terhadap pengembangan Karyawan.

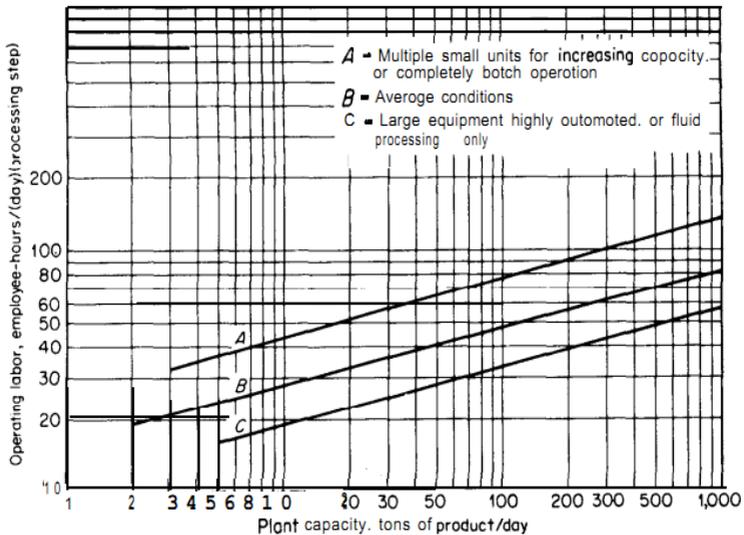
- Mengidentifikasi lowongan staf, proses perekrutan, serta memilih pelamar.
 - Menjadi penghubung antara manajemen dan karyawan.
 - Mengalokasikan sumber daya manusia dengan tepat.
 - Memastikan kepatuhan hukum dengan memantau karawan
4. Kepala Bagian Pembukuan
Kepala Bagian Pembukuan bertanggung jawab 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
Bagian ini bertugas mengusahakan agar barangbarang 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 bertugas 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 = 303,3 ton/hari



Gambar VI.2 Kebutuhan Pekerja Operator Untuk Industri Kimia

Berdasarkan *figure 6-8 Timmerhaus 4th ed.*, hal. 198 untuk *average condition*, maka pada kapasitas 303,3 ton/hari diperoleh 60 jam-pekerja/(hari)(tahap proses), dimana dalam pabrik garam industri ini terdiri dari 3 tahapan proses sehingga jumlah karyawan proses yang terkena shift sebanyak 180 jam-pekerja/hari. Karyawan proses dibagi dalam 3 *shift* kerja dengan 1 *shift* kerja selama 8 jam/hari, jadi jumlah karyawan proses/*shift* adalah 8 orang/*shift*. Satu *shift* terdiri dari 3 grup sehingga jumlah operator total adalah 24 orang.

2. Jadwal Jam Kerja

Dalam menjalankan kegiatan sehari-harinya, pembagian jam kerja berdasarkan status karyawan, yaitu *karyawanday 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 3 group, yaitu A, B, C. 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	Jumlah
1	Dewan Komisaris	3
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Pemasaran	1
4	Direktur SDM	1
5	Direktur Produksi	1
6	Direktur Keuangan	1
7	Kabag Pembukuan	1
8	Kabag Purchasing	1
9	Kabag Proses	1
10	Kabag <i>Quality Control</i>	1
11	Kabag Utilitas	1
12	Kabag <i>Maintenance</i>	1
13	Kabag Promosi	1
14	Kabag Penjualan	1
15	Kabag Kepegawaian	1
16	Kabag Pendidikan dan Pelatihan	1
17	Karyawan Pembukuan	4
18	Karyawan Purchasing	4
19	Karyawan Proses	22
20	Karyawan <i>Quality Control</i>	9
21	Karyawan Utilitas	9
22	Karyawan <i>Maintenance</i>	9
23	Karyawan Promosi	4
24	Karyawan Penjualan	9
25	Karyawan Kepegawaian	5
26	Karyawan Pendidikan dan Pelatihan	4
27	Supervisor	6
28	Operator Lapangan	22

29	Satpam	9
30	Office Boy	12
31	Supir	7
Total		153

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, bak pengendap, bak penampung, pompa *sand filter*, tangki sand filter, bak penampung air bersih, bak penampung air sanitasi, dan pompa air untuk sanitasi. Adapun syarat air sanitasi, meliputi :

- a. Syarat fisik :
 - Suhu di bawah suhu udara
 - Warna jernih
 - Tidak berasa
 - Tidak berbau
 - Kekkeruhan 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 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
- Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : pompa air tangki brine, pompa air tangki mixer, pompa air tangki koagulan.

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 2,72 % setiap tahun;
- Sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 40 % biaya investasi dan pinjaman jangka pendek sebesar 60 % biaya investasi dengan bunga sebesar 8,00% per tahun yang akan dibayar dalam jangka waktu 60 bulan (5 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 Appendiks D. **Tabel VI.3** berikut ini adalah ketentuan maupun parameter yang digunakan untuk perhitungan ekonomi.

Tabel VI.2 Parameter Perhitungan Ekonomi

PARAMETER	Nilai	Keterangan
Investasi Total	183.411.353.003	Rupiah
Umur Pabrik	10	Tahun
Pajak pendapatan	25%	/tahun
Inflasi	2,72%	/tahun
Depresiasi	10%	/tahun
IRR	51%	/tahun
Nama Bahan	Harga (Rp)	Keterangan
Garam Rakyat	600.000	/ton
Garam Industri	3.000.000	/ton
OPERASI		
Garam Industri	12.626,04	kg/jam
Hari Operasi	330	Hari
Modal Sendiri (40 %)	73.364.541.201	Rupiah

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

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga $i = 51\%$. Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk bunga pinjaman yaitu $8,00\%$ per tahun. Dengan harga $i = 51\%$ yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman $8,00\%$ per tahun.

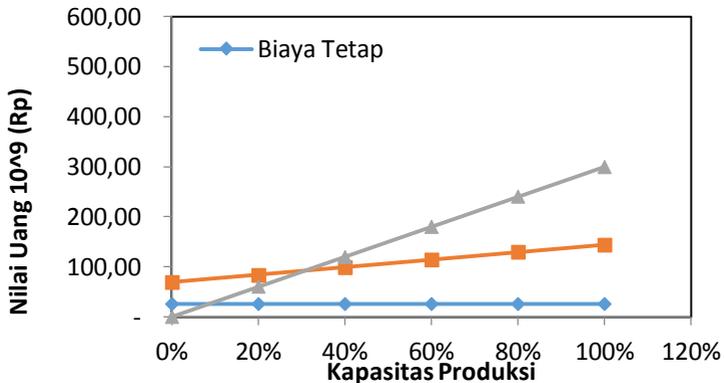
VI.3.4 Analisa Waktu Pengembalian Modal (*Payout Period / POP*)

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 3,32 tahun dengan perkiraan usia pabrik 10 tahun. Hal ini

menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POP 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) = 22,03% 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 Pengolahan Garam Rakyat Menjadi Garam Industri ini dilakukan diskusi dari segi teknis dan ekonomis.

VII.1 Segi Teknis

Dalam Pra Desain Pabrik Garam Industri Pra Desain Pabrik Pengolahan Garam Rakyat Menjadi Garam Industri dengan beberapa penyesuaian sesuai dengan hasil seleksi dari beberapa proses yang ada. Secara teknis, pabrik garam industri ini memenuhi syarat kelayakan karena:

1. Proses ini digunakan secara luas di dunia. Banyak pabrik garam industri menggunakan proses ini. Sebagai contoh PT Cheetam Garam Indonesia dan 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 51 % Angka ini lebih besar dari bunga bank yaitu 8,00 %. Modal pabrik akan kembali setelah pabrik beroperasi selama 3,32. Waktu ini relatif singkat jika dibandingkan dengan perkiraan umur pabrik 10 tahun. *Break Even Point* yang didapat sebesar 22,03 %. 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 Garam Rakyat 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 : 100.000 ton/tahun
303,080 ton/hari
3. Kebutuhan Bahan Baku
 - Garam Rakyat : 361,094 ton/hari
 - NaOH : 5,531 ton/hari
 - Na₂CO₃ : 1,002 ton/hari
 - BaCl₂ : 1,970 ton/hari
4. Umur Pabrik : 10 tahun
5. Masa Konstruksi : 24 bulan
6. Analisa
 - a. Pembiayaan :
 - Struktur Permodalan : 40% modal +
60% pinjaman bank
 - Bunga Bank : 8,00 % per tahun
 - Total Investasi (TCI) : Rp 183.411.353.002
 - *Total Production Cost* (TPC) : Rp 146.729.082.402
 - b. Penerimaan :
 - Hasil Penjualan (kapasitas 100%) : Rp 300.000.000.000
 - c. Rehabilitasi Perusahaan
 - Laju Pengembalian Modal (IRR) : 51 %
 - Waktu Pengembalian Modal (POT) : 3,32 tahun
 - Titik Impas (BEP) : 22,03 %

7. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas
8. Struktur Organisasi : Garis dan staff
9. Lokasi : Kec.Plered, Cirebon, Jawa Barat

Tabel VII.1 Perbandingan Target Produksi dengan Standar SNI

Parameter	Target Produksi	Standar SNI
NaCl	98,45 %	96% - 98,5%
H ₂ O	1 %	Max 1 %
Ca ²⁺	0,1 %	Max 0.1 %
Mg ²⁺	0,01 %	Max 0,06 %
SO ₄ ²⁻	0,3 %	Max 0.2 %

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Austin G.A. 1960. *Shreve's Chemical Process Industries*, 5th edition. Mc. Graw Hill Book Company, Inc, New York.
- Badger WL. 1955. *Introduction to Chemical Engineering*. New York : McGraw - Hill
- Brownell, Young. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley and Sons.
- Coulson, J.M and Richardson J.F. 1983. *Chemical Engineering Vol. 6 1st edition*. New York : Pergamon Press.
- Faith, W.L, Keyes. B.D, Clark. R.L. 1957. *Industrial Chemical 2nd edition*. New York : John Wiley and Sons.
- Foust, A.S. 1960. *Principles of Unit Operations, 2^{ed}*. John Wiley & Sons, N.Y.
- Geankoplis, C. 1993. *Transport Processes and Unit Operation 3rd Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hesse, H.C .1962 . *Proses Equipment Design*, 8th prnt . Van Nostrand Reinhold Company Inc. , New Jersey
- Himmelblau, D.M . 1989 . *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, 5^{ed}*. Prentice-Hall International , Singapore.
- Kauffman, Dale. 1968. *The Production and Properties of Salt and Brine*. New York : Hafner Publishing Company.
- Kern. 1950. *Process Heat Transfer*. London: Mc. Graw-Hill.
- Ludwig. *Applied Prosess Design for Chemical Engienering and Petrochemical Plants*. Texas: Gulf Publishing Company.
- Maron, N. Samuel and Jerome B. Lando. 1974. *Fundamentals Of Physical Chemistry*. New York : Macmillon Publishing CO. Inc.
- Mc. Cabe. 2001. *Unit Operation of Chemical Engineering 6th Edition*. New York: Mc. Graw-Hill Book.
- Othmer, Kirk. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology 3th edition*. Canada : John Wiley and Sons.
- Perry, RH.1997. *Chemical Engineer's Handbook 6th Edition International Edition*. Singapore: Mc. Graw-Hill.

- Perry, RH.1997.*Chemical Engineer's Handbook*7th Edition
International Edition. Singapore: Mc. Graw-Hill.
- Peters,MS and Timmerhaus, KD. 2003.*Plant Design and
Economics for Chemical Engineers*5thEdition. Singapore:
Mc. Graw-Hill.
- Ulrich, GD. 1984. *.A Guide to Chemical Engineering Process
Design and Economic*. New York: John Wiley and Sons.
- Van Ness, S. 1987.*Introduction to Chemical Engineering
Thermodynamics*4thEdition. Singapore: Mc. Graw-Hill.
- Wallas, SM. 1998. *Chemical Process Equipment : Selection and
Design*. USA: Butterworth-Heinemann.
- www.bi.go.id
www.matche.com/equipment_cost

RIWAYAT HIDUP PENULIS I



Rizal Angga Megantara, lahir di Bandung, 26 Agustus 1996. Penulis yang sering dipanggil Rizal ini menyelesaikan pendidikan di SD Kartika X-1 Kota Bandung, SMPN 2 Kota Bandung, dan Sekolah Menengah Analis Kimia Bogor (SMK-SMAK Bogor). Kemudian penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS. Selama menempuh jenjang kuliah, penulis aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan di Departemen *Internal Affair* HIMATEKK FTI-ITS 2016/2017. Pada akhir tahun ketiga, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk. Pada akhir studi, penulis melakukan penelitian di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S. serta Siti Nurkhamidah S.T., M.S., Ph.D. “**Analisa Karakteristik Hidrodinamika Pada Sieve Tray Tanpa Downcomer Dengan Penambahan Double Holed Circular Calming Strip Dalam Sistem Kontak Udara-Air**”

RIWAYAT HIDUP PENULIS II



Mochamad Faisal Fadlia Nurrachmat, lahir di Sukabumi, 24 November 1996. Penulis yang sering dipanggil Isal ini menyelesaikan pendidikan di SDN CBM Dewi Sartika Kota Sukabumi, SMPN 2 Kota Sukabumi, dan Sekolah Menengah Analis Kimia Bogor (SMK-SMAK Bogor). Kemudian penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS. Selama menempuh jenjang kuliah, penulis aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Industri (BEM FTI-ITS) 2016-2018. Pada akhir tahun ketiga, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk. Pada akhir studi, penulis melakukan penelitian di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S. serta Siti Nurkhamidah S.T., M.S., Ph.D. **“Analisa Karakteristik Hidrodinamika Pada Sieve Tray Tanpa Downcomer Dengan Penambahan Double Holed Circular Calming Strip Dalam Sistem Kontak Udara-Air”**.