

**PRA RANCANGAN PABRIK
GARAM INDUSTRI DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ANDI ANANDA MAGFIRAH 432 20 059

RIZKI AMALIA 432 20 062

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

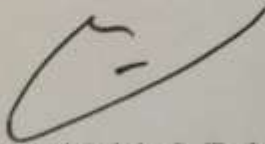
Skripsi dengan judul **Prarancangan Pabrik Garam Industri dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun** oleh Andi Ananda Magfirah 432 20 059 dinyatakan layak untuk Ujian Sidang

Makassar, 19 September 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Muhammad Saleh, S. T., M. Si
NIP. 19650320 199202 1 001



Tri Hartono LRSC, M. Chem. Eng
NIP. 25631225 259202 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dra. Herman Bangngalino, M. T
NIP. 19610831 199003 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Prarancangan Pabrik Garam Industri dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun** oleh Rizki Amalia 432 20 062 dinyatakan layak untuk Ujian Sidang.

Makassar, 19 September 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

Tri Hartono LRSC, M. Chem. Eng
NIP. 25631225 259202 1 001

Pembimbing II

Muhammad Saleh, S. T., M. Si
NIP. 19650320 199202 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Herman Banghalino, M. T
NIP. 19610831 199003 1 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 19 September 2022, tim penguji ujian sidang skripsi Pra Rancangan Pabrik telah menerima hasil ujian sidang Skripsi Pra Rancangan Pabrik oleh mahasiswa Andi Ananda Magfirah 432 20 059 dengan judul **Prarancangan Pabrik Garam Industri dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun.**

Makassar, 19 September 2022

Tim penguji ujian sidang skripsi:

1. Yuliani HR., S.T.,M.Eng

Ketua

()

2. Dr. Nurbaeti, S.Ag.,M.Pd.I

Sekretaris

()

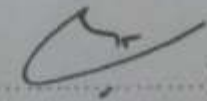
3. Ir. Barlian HS, M.T

Anggota

()


4. Muhammad Saleh, S.T.,M.Si

Pembimbing I

()

5. Tri Hartono, LRSC., M.Chem.Eng

Pembimbing II

()

HALAMAN PENERIMAAN

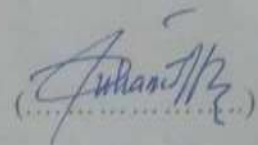
Pada hari ini, Senin tanggal 19 September 2022, tim penguji ujian sidang skripsi Pra Rancangan Pabrik telah menerima hasil ujian sidang Skripsi Pra Rancangan Pabrik oleh mahasiswa Rizki Amalia 432 20 062 dengan judul **Prarancangan Pabrik Garam Industri dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun.**

Makassar, 19 September 2022

Tim penguji ujian sidang skripsi:

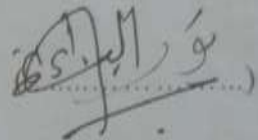
1. Yuliani HR., S.T.,M.Eng.

Ketua



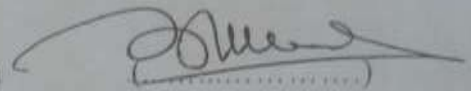
2. Dr. Nurbaeti, S.Ag.,M.Pd.I

Sekretaris



3. Ir. Barlian HS, M.T

Anggota



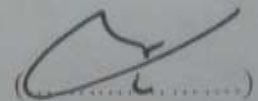
4. Tri Hartono, LRSC., M.Chem.Eng

Pembimbing I



5. Muhammad Saleh, S.T.,M.Si

Pembimbing II



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi “Prarancangan pabrik garam industri dengan kapasitas 50.000 ton/tahun”. Sholawat serta salam tidak lupa kami curahkan kepada junjungan Nabiullah Muhammad SAW, beserta keluarganya, para sahabat dan orang-orang yang mengikutinya dengan baik sampai hari kemudian kelak.

Penulisan skripsi prarancangan pabrik ini merupakan salah satu persyaratan untuk membuat dan melaksanakan skripsi agar dapat menyelesaikan jenjang studi D4 Teknologi Kimia Industri jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang. Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan bantuan yang bermanfaat dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Drs. Herman Bangngalino, M.T.,selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Dr. Fajriyati Mas’ud, STP., M. Si., selaku Ketua Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Muhammad Saleh, S.T., M. Si dan Tri Hartono, LRSC., M. Chem. Eng selaku pembimbing prarancangan pabrik Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Dosen dan staff Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Orangtua, keluarga dan teman-teman D4 Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang turut serta mendukung dan memberi kami semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dari segi teknis maupun dari segi penyajian dan bahasannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 19 September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------|------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN PENERIMAAN | iv |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| RINGKASAN | xiv |
| SUMMARY | xv |
| SURAT PERNYATAAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tinjauan Pustaka | 2 |
| 1.2.1 Garam Industri | 2 |
| 1.2.2 Kapasitas Produksi..... | 4 |
| 1.2.3 Potensi Bahan Baku | 8 |
| 1.2.4 Lokasi Pabrik | 8 |
| 1.3 Pemilihan Proses | 10 |
| 1.4 Uraian Proses..... | 18 |
| 1.5 Spesifikasi Bahan | 20 |
| BAB II NERACA MASSA..... | 22 |
| BAB III NERACA ENERGI..... | 28 |
| BAB IV SPESIFIKASI ALAT | 33 |
| 4.1 Gudang bahan baku | 33 |
| 4.2 Screw conveyor | 33 |
| 4.3 Roll crusher | 34 |
| 4.4 Bucket elevator..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5 Screener | 34 |
| 4.6 Bucket elevator | 35 |
| 4.7 Silo..... | 35 |
| 4.8 Mixer | 36 |
| 4.9 Tangki pengendapan..... | 37 |
| 4.10 Screw conveyor | 37 |
| 4.11 Rotary dryer | 38 |
| 4.12 Blower | 38 |
| 4.13 Heater | 39 |
| 4.14 Cooling Conveyor | 39 |
| 4.15 Blower | 40 |
| 4.16 Bucket elevator..... | 40 |
| 4.17 Roll crusher | 40 |
| 4.18 Screener | 41 |
| 4.19 Tangki brine..... | 41 |
| 4.20 Salt storage | 42 |
| 4.21 Pompa..... | 43 |
| BAB V UTILITAS | 44 |
| 5.1 Utilitas | 44 |
| 5.1.1 Unit Pengolahan Air | 44 |
| 5.1.2 Unit Penyediaan Steam..... | 49 |
| 5.1.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik | 49 |
| 5.1.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar | 49 |
| 5.2 Unit Pengolahan Limbah..... | 49 |
| BAB VI STRUKTUR ORGANISASI | 57 |
| 6. 1. Sistem Organisasi Perusahaan | 57 |
| 6. 2. Struktur Organisasi | 59 |
| BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELEMATAN KERJA | 71 |
| 7.1. Instrumentasi..... | 71 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 7.2. | Pengendalian Peralatan Instrumentasi | 72 |
| 7.3. | Alat Instrumentasi pada Pabrik Garam Industri | 72 |
| 7.4. | Keselematan Kerja Pabrik | 74 |
| 7.5. | Pencegahan Terhadap Bahaya Mekanis | 75 |
| 7.6. | Pencegahan Terhadap Bahaya Listrik | 76 |
| 7.7. | Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) | 76 |
| 7.8. | Penyediaan Poliklinik di Lokasi Pabrik..... | 77 |
| BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK | | 78 |
| 8.1. | Pemilihan Lokasi Pabrik..... | 78 |
| 8.2. | Tata Letak Pabrik..... | 80 |
| 8.3. | Perincian Luas Tanah | 81 |
| BAB IX ANALISA EKONOMI | | 84 |
| 9.1 | Analisa Ekonomi | 84 |
| 9.2 | Investasi Modal Total (TCI) | 85 |
| 9.3 | Modal Investasi Tetap (FCI)..... | 86 |
| 9.4 | Investasi Modal Kerja (WCI) | 86 |
| 9.5 | Komposisi Permodalan..... | 87 |
| 9.6 | Biaya Produksi Total (TPC) | 87 |
| 9.7 | Hasil Analisa Keuntungan..... | 88 |
| BAB X KESIMPULAN | | 90 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 91 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1.1 SNI Garam Industri | 3 |
| Tabel 1.2 Neraca Garam Industri di Indonesia..... | 4 |
| Tabel 1.3 Kebutuhan garam industri dengan metode <i>least square</i> | 5 |
| Tabel 1.4 Impor garam industri dengan metode <i>least square</i> | 6 |
| Tabel 1.5 Produksi garam industri dengan metode <i>least square</i> | 6 |
| Tabel 1.6 Produksi Garam Rakyat di Sumenep..... | 8 |
| Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pemurnian Natrium Chloride..... | 16 |
| Tabel 1.8 SNI Garam Industri | 17 |
| Tabel 1.9 Spesifikasi Garam Rakyat di Kabupaten Sumenep | 17 |
| Tabel 5.1 Parameter fisik dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higienitas sanitasi..... | 45 |
| Tabel 5.2 Parameter biologi dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higienitas sanitasi. | 45 |
| Tabel 5.3 Parameter kimia dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higienitas sanitasi..... | 45 |
| Tabel 5.4 Kebutuhan air untuk penyediaan sarana umum dan sanitasi..... | 46 |
| Tabel 5.5 Kebutuhan air untuk pembangkit steam..... | 46 |
| Tabel 5.6 Rekomendasi Batas Air Umpan (<i>IS 10392, 1982</i>)..... | 46 |
| Tabel 5.7 Kebutuhan air pendingin | 47 |
| Tabel 5.8 Kebutuhan air untuk air proses | 47 |
| Tabel 5.9 Kebutuhan air untuk air proses | 48 |
| Tabel 6.1 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i> | 67 |
| Tabel 6.2 Jumlah Operator Berdasarkan Alat Proses..... | 69 |

| | |
|--|----|
| Tabel 6.3 Jumlah Operator Berdasarkan Alat Utilitas | 69 |
| Tabel 6.4 Gaji Karyawan | 70 |
| Tabel 7.1 Daftar Instrumentasi Pabrik Garam Industri | 74 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Neraca Massa

Lampiran B Perhitungan Neraca Panas

Lampiran C Perhitungan Spesifikasi Alat

Lampiran D Perhitungan Utilitas

Lampiran E Perhitungan Analisa Ekonomi

RINGKASAN

Pra rancangan pabrik garam industri dengan kapasitas 50.000 ton/tahun menggunakan bahan baku garam industri dan brine. Pabrik ini direncanakan akan dibangun di Kec. Kalianget Kab. Sumenep Jawa Timur dengan sistem perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dan sistem organisasinya garis dan staf. Pabrik ini beroperasi 24 jam perhari dari 330 hari kerja pertahun, sisanya adalah perbaikan apabila terjadi kerusakan dalam pabrik.

Proses pembuatan garam industri diperoleh melalui pencucian garam menggunakan brine kemudian dipanaskan menggunakan rotary dryer untuk memperoleh kristal garam. Sarana utilitas pada pabrik ini menggunakan air sebesar 2.506,09 kg/jam dan listrik sebesar 127,51 Kw.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi karyawan shift yang mempekerjakan 130 karyawan. Dari segi ekonomi perancangan pabrik garam industri dengan kapasitas 50.000 ton/tahun ini cukup menguntungkan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Investasi Total : Rp.106.700.506.618,-
2. POT : 3,42 Tahun
3. Hasil Penjualan : Rp 1.859.125.000.000,-
4. BEP : 74,35%

SUMMARY

The design of an industrial salt factory with a capacity of 50,000 tonnes/year uses industrial salt and brine as raw materials. This factory is planned to be built in Kec. Kalianget Kab. Sumenep, East Java with a Limited Liability Company (PT) company system and line and staff organizational systems. This factory operates 24 hours per day and 330 working days per year, the rest is for repairs in the event of damage to the factory.

The industrial salt production process is obtained by washing the salt using brine and then heating it using a rotary dryer to melt the salt crystals. The utilities in this factory use 2,506.09 kg/hour of water and 127.51 Kw of electricity.

The form of the company is a Limited Liability Company (PT) with a shift employee organization system that employs 130 employees. From an economic point of view, the design of an industrial salt factory with a capacity of 50,000 tons/year is quite profitable with the following considerations:

1. Total Investment : IDR 106,700,506,618,-
2. POT : 3.42 Years
3. Sales Proceeds : IDR 1,859,125,000,000,-
4. BEP : 74.35%

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andi Ananda Magfirah

NIM : 432 20 059

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Prarancangan Pabrik Garam Industri dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun" merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain, telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 19 September 2022



Andi Ananda Magfirah

432 20 059

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizki Amalia

NIM : 432 20 062

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Prarancangan Pabrik Garam Industri dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun" merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain, telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 19 September 2022



Rizki Amalia

432 20 062

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Garam industri adalah garam yang digunakan sebagai bahan baku bagi industri lain seperti industri kimia, aneka pangan, farmasi, perminyakan, water treatment, penyamakan kulit, kosmetik, pulp, pakan ternak, sabun dan deterjen (Permenperin,2014). Banyaknya permintaan kebutuhan garam industri, membuat Indonesia mengimpor garam. Hal tersebut di sebabkan karena produksi garam di Indonesia hanya mampu memenuhi kebutuhan garam konsumsi (Efendy,2014)

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020, kebutuhan garam industri mencapai 2,93 juta ton dan hanya 350 ribu ton garam industri yang diproduksi oleh PT. Garam di Indonesia. Sehingga kebutuhan impor mencapai 2.6 juta ton. Terhitung sejak tahun 2016-2020 kebutuhan garam industri selalu mengalami peningkatan sebesar 5%-7% per tahun.

Sebagai salah satu negara maritime terbesar di dunia, Indonesia memiliki potensi menghasilkan garam dengan kuantitas dan kualitas yang baik. Namun kenyataannya Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan dengan persyaratan yang diinginkan oleh industri (Huda,2013). Persyaratan kualitas garam industri telah ditetapkan berdasarkan SNI garam industri di Indonesia yang memiliki kadar NaCl minimal 97%. Khusus untuk industri pangan, kadar Ca dan Mg <600 ppm (Purbani,2000).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh dkk pada tahun 2013, membuktikan bahwa pemurnian garam dengan metode *washing* yang memanfaatkan brine sebagai larutan pencuci dapat menghasilkan kadar NaCl sebesar 98,62% dan kadar Ca dan Mg masing-masing sebesar 0,0620% w dan 0,0289% w.

Mengacu pada data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika tahun 2020, pendirian pabrik garam industri dianggap perlu selain karena tingkat impor yang

masih cukup tinggi, kebutuhan akan garam dalam mencukupi kebutuhan industri di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya dan untuk meningkatkan kualitas produksi garam dengan memanfaatkan ketersediaan bahan baku yang ada di Indonesia. Maka dari itu dengan pendirian pabrik pemurnian garam rakyat di kecamatan Kalianget, kabupaten Sumenep yang bahan bakunya dipasok langsung oleh supplier ini diharapkan akan membantu memenuhi kebutuhan garam industri di Indonesia. Pemilihan kabupaten Sumenep Madura, Jawa Timur karena menurut data dari Badan Pusat Statistik, daerah tersebut memiliki laut dengan kandungan garam yang tinggi yaitu sebesar 3,5%, dan juga merupakan salah satu produksi garam rakyat terbesar di Indonesia dengan luas lahan sebesar 2.468 hektare (Badan Pusat Statistik, 2016).

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Garam Industri

Garam industri adalah garam dengan kadar NaCl sekitar $\pm 98,5\%$ dengan kandungan *impurities* (sulfat, magnesium dan kalsium) sebesar 2% serta kotoran lainnya yang sangat kecil. Hal tersebut diatur dalam Surat Keputusan Menteri Perindustrian Nomor 29/M/SK/2/1995 tentang pengesahan serta penerapan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk kadar NaCl garam industri. Namun hingga saat ini, semua produksi garam rakyat di Indonesia belum memenuhi standar SNI maupun SII garam industri sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri khususnya untuk garam industri, Indonesia masih harus mengimpor garam industri dari luar (Widayat, 2016).

Garam untuk kebutuhan proses industri diperoleh dari garam krosok atau yang biasa disebut dengan garam rakyat. Garam rakyat ini tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan baku kebutuhan industri, karena memiliki kadar NaCl yang masih dibawah SNI (Ketutsumada, dkk, 2016). SNI garam industri dapat dilihat pada tabel berikut.

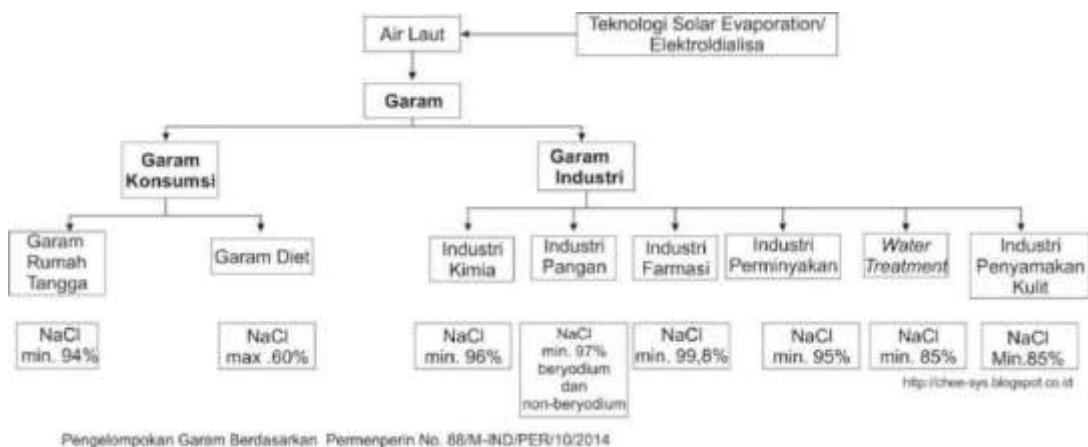
Tabel 1.1 SNI Garam Industri

| No | Parameter | SNI (%) |
|----|------------------------------|-----------------|
| 1 | Natrium Klorida (NaCl), min | 96 |
| 2 | Kadar Air (H ₂ O) | 3 |
| 3 | Ca, max | 0,10 |
| 4 | Mg, max | 0,06 |
| 5 | SO ₄ | 0,20 |
| 6 | Bentuk | Padatan Kristal |
| 7 | Warna | Putih |

Sumber : Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia (2002)

Garam rakyat yang memanfaatkan model penguapan total memiliki kadar relatif kurang dari 90%. Sehingga untuk menghasilkan garam dengan mutu baik dibutuhkan perlakuan khusus (Supardi, 2013). Untuk itu, kandungan Magnesium dan Calcium yang terdapat dalam garam rakyat harus terlebih dahulu diendapkan agar dapat diperoleh garam yang bermutu.

Selama ini penggunaan garam terbagi pada tiga bidang, yaitu bahan pangan, pengawet dan juga digunakan sebagai bahan baku maupun bahan bantu di industri (Prasetyaningih, 2008). Pengelompokan garam berdasarkan Permenperin No. 88/M-IND/PER/10/2014 dapat dilihat dalam diagram berikut.



Selain sebagai konsumsi rumah tangga, garam juga diperlukan untuk kebutuhan industri, yakni sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai produk industri yang menggunakan garam. Selain itu, garam juga digunakan dalam memproduksi berbagai macam produk industri antara lain kaca, kertas, karet dan pengolahan air (EUsalt, 2016).

Garam yang dibutuhkan sektor industri harus memiliki kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan garam untuk konsumsi rumah tangga. Oleh karena itu, penting bagi produsen garam dalam negeri untuk dapat memproduksi garam dengan kualitas tinggi, mengingat kebutuhan garam dari sektor industri sendiri berkontribusi 65% dari total permintaan garam nasional. Disinilah pemerintah perlu mengeluarkan terobosan baru untuk memenuhi kebutuhan garam berkualitas tersebut (Sulistiyono, 2015).

1.2.2 Kapasitas Produksi

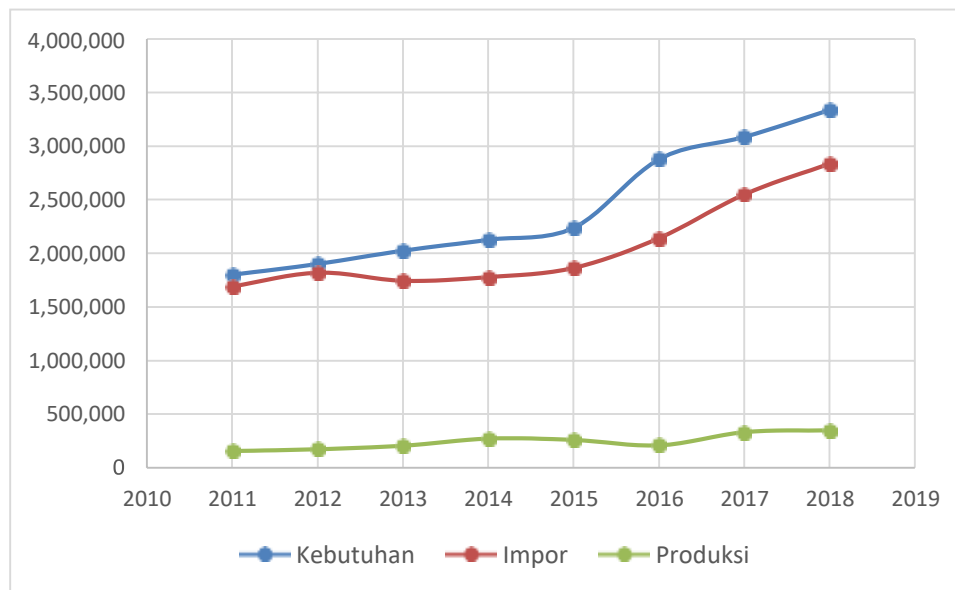
Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan garam di Indonesia baik untuk kebutuhan industri maupun konsumsi selalu meningkat 5%-7% setiap tahunnya. Pada tahun 2020 total kebutuhan garam industri di Indonesia mencapai 2,93 juta ton, sedangkan produksi garam industri di Indonesia hanya diproduksi oleh PT. Garam sebesar 350 ribu ton/tahun (Apriando, 2015).

Hal tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan garam industri nasional di Indonesia. Maka dari itu untuk menutupi kebutuhan garam industri dengan selisih 2,58 juta ton/tahun dibutuhkan pendirian pabrik garam industri. Selain itu, produksi garam industri juga dapat meningkatkan kualitas garam yang ketersediaannya melimpah di Indonesia.

Tabel 1.2 Neraca Garam Industri di Indonesia

| Tahun | Kebutuhan | Impor | Produksi |
|--------------|------------------|--------------|-----------------|
| 2011 | 1.802.750 | 1.691.446 | 156.713 |
| 2012 | 1.803.750 | 1.819.771 | 173.979 |
| 2013 | 2.027.500 | 1.743.458 | 206.829 |
| 2014 | 2.128.875 | 1.778.444 | 273.139 |
| 2015 | 2.241.230 | 1.864.049 | 260.785 |
| 2016 | 2.881.299 | 2.143.743 | 210.283 |
| 2017 | 3.088.007 | 2.552.823 | 334.010 |
| 2018 | 3.339.437 | 2.839.077 | 350.360 |
| 2019 | 3.066.819 | 2.595.397 | 350.000 |

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2020.



Grafik 1. 1 Regresi linear data hubungan tahun vs neraca garam industri

Untuk memudahkan analisa maka dibuat persamaan dengan cara *least square*, maka dapat diperkirakan kebutuhan, impor, dan produksi garam industri di Indonesia pada tahun 2026 sebagai berikut,

Tabel 1.3 Kebutuhan garam industri dengan metode *least square*

| No. | X (tahun) | Y (kebutuhan) | XY | X ² |
|--------|-----------|---------------|----------------|----------------|
| 1 | 2011 | 1.802.750 | 3.625.330.250 | 4.044.121 |
| 2 | 2012 | 1.803.750 | 3.830.345.000 | 4.048.144 |
| 3 | 2013 | 2.027.500 | 4.081.357.500 | 4.052.169 |
| 4 | 2014 | 2.128.875 | 4.287.554.250 | 4.056.196 |
| 5 | 2015 | 2.241.230 | 4.516.078.450 | 4.060.225 |
| 6 | 2016 | 2.881.299 | 5.808.698.784 | 4.064.256 |
| 7 | 2017 | 3.088.007 | 6.228.510.119 | 4.068.289 |
| 8 | 2018 | 3.339.437 | 6.738.983.866 | 4.072.324 |
| 9 | 2019 | 3.066.819 | 6.191.907.561 | 4.076.361 |
| Jumlah | 18135 | 22.479.667 | 45.308.765.780 | 36.542.085 |

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat diperkirakan kebutuhan garam industri di Indonesia pada tahun 2026 saat didirikan pabrik, menggunakan persamaan *least square*, dimana ;

$$a = \frac{\sum Y}{n} \quad b = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2}$$

$$Y = a + bX,$$

Sehingga:

$$Y = 2.497.741 + (1.240 \times 2026)$$

$$Y = 5.009.791$$

Tabel 1.4 Impor garam industri dengan metode *least square*

| No. | X (tahun) | Y (impor) | XY | X ² |
|--------|-----------|------------|----------------|----------------|
| 1 | 2011 | 1.691.446 | 3.401.497.906 | 4.044.121 |
| 2 | 2012 | 1.819.771 | 3.661.379.252 | 4.048.144 |
| 3 | 2013 | 1.743.458 | 3.509.580.954 | 4.052.169 |
| 4 | 2014 | 1.778.444 | 3.581.786.216 | 4.056.196 |
| 5 | 2015 | 1.864.049 | 3.756.058.735 | 4.060.225 |
| 6 | 2016 | 2.143.743 | 4.321.785.888 | 4.064.256 |
| 7 | 2017 | 2.552.823 | 5.149.043.991 | 4.068.289 |
| 8 | 2018 | 2.839.077 | 5.729.257.386 | 4.072.324 |
| 9 | 2019 | 2.595.397 | 5.240.106.543 | 4.076.361 |
| Jumlah | 18135 | 19.028.208 | 38.350.496.871 | 36.542.085 |

Berdasarkan Tabel 1.4 dapat diperkirakan impor garam industri di Indonesia pada tahun 2026 saat didirikan pabrik, menggunakan persamaan *least square*, dimana ;

$$a = \frac{\sum Y}{n} \quad b = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2}$$

$$Y = a + bX,$$

Sehingga:

$$Y = 2.114.245 + (1.049 \times 2026)$$

$$Y = 4.240.509$$

Tabel 1.5 Produksi garam industri dengan metode *least square*

| No. | X (tahun) | Y (produksi) | XY | X ² |
|-----|-----------|--------------|-------------|----------------|
| 1 | 2011 | 156.713 | 315.149.843 | 4.044.121 |
| 2 | 2012 | 173.979 | 350.045.748 | 4.048.144 |
| 3 | 2013 | 206.829 | 416.346.777 | 4.052.169 |
| 4 | 2014 | 273.139 | 550.101.946 | 4.056.196 |
| 5 | 2015 | 260.785 | 525.481.775 | 4.060.225 |
| 6 | 2016 | 210.283 | 423.930.528 | 4.064.256 |

| | | | | |
|--------|-------|-----------|---------------|------------|
| 7 | 2017 | 334.010 | 673.698.170 | 4.068.289 |
| 8 | 2018 | 350.360 | 707.026.480 | 4.072.324 |
| 9 | 2019 | 350.000 | 706.650.000 | 4.076.361 |
| Jumlah | 18135 | 2.316.098 | 4.668.431.267 | 36.542.085 |

Berdasarkan Tabel 1.5 dapat diperkirakan produksi garam industri di Indonesia pada tahun 2026 saat didirikan pabrik, menggunakan persamaan *least square*, dimana ;

$$a = \frac{\sum Y}{n} \quad b = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2}$$

$$Y = a + bX,$$

Sehingga:

$$Y = 257.344 + (128 \times 2026)$$

$$Y = 516.176$$

Peluang kapasitas produksi garam industri pada tahun 2026 dapat ditentukan dengan persamaan (Max et al., 1991):

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

Keterangan:

m_1 = nilai impor tahun 2026 (ton/tahun)

m_2 = nilai produksi pabrik dalam negeri (ton/tahun)

m_3 = kapasitas pabrik yang akan di dirikan pada tahun 2026 (ton/tahun)

m_4 = nilai ekspor tahun 2026 (ton/tahun)

m_5 = nilai konsumsi tahun 2026 (ton/tahun)

sehingga:

$$\text{Kapasitas} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$= (\text{ekspor} + \text{konsumsi}) - (\text{impor} + \text{produksi})$$

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

$$m_3 = (5.009.791) - (4.240.509 + 516.176)$$

$$m_3 = 253.107 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut didapatkan kapasitas sebesar 253.107 ton/tahun. Maka ditentukan kapasitas pabrik sebesar 50.000 ton/tahun atau sebesar 20% dari total kapasitas.

1.2.3 Potensi Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan merupakan garam curah yang dihasilkan oleh petani garam yang terletak di Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur. Daerah tersebut memiliki laut dengan kandungan garam yang tinggi yaitu sebesar 3,5%, dan juga merupakan salah satu produksi garam rakyat terbesar di Indonesia dengan luas lahan sebesar 2.468 hektare (*Badan Pusat Statistik,2016*).

Tabel 1.6 Produksi Garam Rakyat di Sumenep

| | |
|------|----------------|
| 2015 | 123.109 ton |
| 2016 | 203.000 ton |
| 2017 | 228.215 ton |
| 2018 | 235.000 ton |
| 2019 | 232.009,60 ton |
| 2020 | 236.139 ton |

Sumber : Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, 2021

1.2.4 Lokasi Pabrik

Lokasi perusahaan merupakan hal yang penting dalam menentukan kelancaran usaha. Kesalahan pemilihan lokasi pabrik dapat menyebabkan biaya produksi menjadi mahal sehingga tidak ekonomis. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi suatu pabrik meliputi biaya operasional, ketersediaan bahan baku dan penunjang, sarana dan prasarana, dampak sosial, dan studi lingkungan. Lokasi pabrik Garam Industri ini direncanakan berdiri di Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur. Karena menurut data dari Badan Pusat Statistik, daerah tersebut memiliki laut dengan kandungan garam yang tinggi yaitu sebesar 3,5%, dan juga merupakan salah satu produksi garam rakyat terbesar di Indonesia dengan luas lahan sebesar 2.468 hektare (*Badan Pusat Statistik,2016*). Hal ini didasarkan bahwa latar belakang pendirian pabrik merupakan diversifikasi produk yang berbahan baku air laut. Pertimbangan lain alasan pemilihan lokasi ini antara lain:

1. Ketersediaan bahan baku dan lahan

Pemilihan lokasi pabrik memiliki dua dasar pertimbangan, yaitu *Weight Gain* dan *Weight Loss*. Untuk pabrik garam industri ini memiliki proses *Weight Loss* karena untuk menekan biaya dan resiko penyediaan bahan baku. Dalam hal ini, pabrik didirikan di dekat lokasi pabrik penyediaan bahan baku yaitu garam rakyat yang berasal dari produk lokal petani garam disekitar wilayah Kabupaten Sumenep. Luas perairan laut Kabupaten Sumenep ± 50.000 km sehingga dapat menjamin kontinuitas produksi pada pabrik dalam jangka panjang.

2. Persediaan air dan listrik

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

Penyediaan kebutuhan listrik direncanakan akan disuplai secara eksternal dan internal. Untuk penyediaan listrik secara eksternal diperoleh dari PLN PJU Sumenep, sedangkan secara internal digunakan generator listrik oleh tenaga surya.

3. Tenaga kerja

Tenaga kerja dapat direkrut dari penduduk sekitar. Dengan terpenuhinya kebutuhan tenaga kerja dengan penyerapan tenaga kerja dari sekitar lokasi pabrik, maka taraf hidup penduduk di sekitar lokasi pabrik akan meningkat. Salain itu penyediaan tenaga kerja juga diperoleh dari berbagai Universitas ternama di Indonesia sehingga tidak perlu mengkhawatirkan kurangnya tenaga kerja terdidik.

4. Fasilitas transportasi

Geografis Kabupaten Sumenep terletak di ujung timur Madura dan sangat strategis (dekat dengan pulau Bali). Maka untuk menuju wilayah Kabupaten Sumenep sudah tersedia beberapa fasilitas untuk menunjang lancarnya mode transportasi, antara lain:

- Terminal bus Arya Wirajaya, merupakan terminal bus tipe A terbesar di Sumenep melayani seluruh penumpang dari luar daerah Sumenep.
- Pelabuhan Kalianget, merupakan sarana transportasi laut yang melayani penumpang dari daratan Sumenep ke wilayah Kepulauan maupun sebaliknya. Selain itu juga, pelabuhan Kalianget melayani jalur transportasi laut Kalianget – Jangkar, Situbondo.
- Bandar udara Trunojoyo Sumenep, merupakan bandara yang berdiri pada tahun 1970-an dan merupakan penerbangan komersial.

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

1.3 Pemilihan Proses

Pembuatan garam secara umum di Indonesia melalui metode penguapan air laut dengan bantuan sinar matahari (*solar evaporation*) pada areal petak yang kecil mengakibatkan kualitas garam yang dihasilkan bervariasi dengan kandungan NaCl berkisar antara 81%-96%. (Kelautan dan Perikanan, 2015).

Terdapat beberapa metode 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: (Arifin, 2011).

1. Proses *Vacuum Pan* (*Multiple Effect Evaporator*);

Pada proses ini biasanya digunakan *saturated brine* (leburan garam jenuh) alami yang terkandung di dalam tanah atau danau. *Saturated brine* dapat juga

diperoleh dari hasil samping produksi *sodium carbonate* dengan proses solvey. Pertama-tama *saturated brine* (leburan garam) dari air dalam tanah dengan kadar H_2S yang terlarut dalam garam, kandungan $NaCl$ maksimum sebesar 0,015%. Perlakuan pendahuluan dari bahan baku *brine* adalah dengan aerasi untuk menghilangkan kandungan *hidrogen sulfide*. Penambahan sedikit *chlorine* dimaksudkan untuk mempercepat penghilangan H_2S dalam *brine*. *Brine* setelah proses aerasi kemudian diumpukan dalam tangki pengendapan untuk mengendapkan lumpur atau solid yang tidak diinginkan. Proses pengendapan dibantu dengan penambahan campuran caustic soda, soda ash, dan *brine* sehingga didapatkan larutan garam. Setelah proses pengendapan, kemudian larutan garam dipisahkan pada evaporator multi-effect. Larutan garam pekat kemudian dicuci dengan *brine* untuk memurnikan garam. Larutan garam kemudian difiltrasi pada filter untuk proses pemisahan garam dan larutan *brine*. Garam yang terpisah kemudian ditambahkan *kalium iodat* untuk penambahan kandungan *yodium* pada garam sehingga dihasilkan Garam Industri. Garam Industri kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Garam Industri kemudian dikemas dan dipasarkan. Yields yang dihasilkan pada proses ini adalah 99,8%.

Kelebihan *Multiple Effect Evaporator*:

1. Steam yang digunakan lebih hemat
2. Meningkatkan efisiensi panas

Kekurangan *Multiple Effect Evaporator*:

1. Membutuhkan biaya investasi yang lebih besar karena perlu pembelian lebih banyak evaporator dan system pemvakumannya
2. Operasi dan pengendaliannya lebih sulit

2. Proses *Open Pan (The Grainer Process)*;

Pembuatan garam dengan proses *open pan* ini menggunakan bahan baku *brine* yang berasal dari proses pemanasan air laut. Proses ini disebut juga proses

“*Grainer*”, dimana air laut dijenuhkan dengan cara memanaskan pada *heater* pada suhu 230°F (110°C). Larutan *brine* panas kemudian diumpankan pada *graveller* yang berfungsi untuk memisahkan *calcium sulfate* pada larutan *brine*. Larutan *brine* kemudian didinginkan pada *flasher* dengan suhu yang dijaga agar garam (NaCl) masih dalam kondisi larut dalam air. Larutan *brine* dingin kemudian diumpankan 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 iodat* untuk penambahan kandungan *iodium* pada garam sehingga dihasilkan Garam Industri. Garam Industri kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Garam Industri kemudian dikemas dan dipasarkan. Yields yang dihasilkan pada proses ini adalah 99,9%.

Kelebihan *Open Pan*:

1. Mudah digunakan dan dibersihkan
2. Pengadukan cairan dapat dilakukan dengan mudah

Kekurangan *Open Pan*:

1. Cairan dipanaskan sepanjang waktu, sehingga dapat menyebabkan dekomposisi komponen.
2. Busa dapat terbentuk dengan cepat yang mengurangi penguapan.
3. Padatan dapat terakumulasi di bagian bawah yang membuat pengadukan diperlukan, sirkulasi cairan kurang baik.
4. Koefisien transfer panas rendah, akibatnya transfer panas kurang efisien.

3. 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.

4. Proses Penguapan Air Laut (*Solar Evaporation*);

Solar salt evaporation dihasilkan dari penguapan alami air laut. Penguapan dilakukan dengan radiasi matahari dan aksi angin, menghasilkan air garam pekat yang mengandung garam mineral terlarut. Proses pemisahan jenis kristal dikenal sebagai kristalisasi fraksional. Kalsium karbonat, yang kurang larut dalam air garam pekat, adalah yang pertama mengkristal. Proses penguapan matahari komersial yang relatif sederhana membutuhkan lahan datar yang luas, curah hujan rendah, sinar matahari yang melimpah, dan sedikit angin untuk memberikan hasil yang optimal. Lokasi di dekat sumber air asin, seperti pantai atau danau air asin, sangat ideal. Juga bermanfaat untuk memiliki akses ke alat transportasi yang tidak mahal untuk mengangkut produk akhir, setelah diproduksi. Jika lokasi produksi terletak di dekat pantai dan lokasi perairan maka merupakan keuntungan ekonomi bagi kapal pemuat bulk. Konsentrasi padatan terlarut di air laut, meskipun bervariasi menurut lokasi dan kedalaman, rata-rata 3,5 wt% (3,6 Be°) dan 77% dari total padatan terlarut, yaitu 2,7% berat air laut adalah natrium klorida. Volume air laut harus dikurangi hingga 90% sebelum natrium klorida mulaimengkristal pada konsentrasi 25,8% berat NaCl (25,4 Be°).

Produksi garam matahari dimulai saat air laut, memasuki sistem kolam surya dan bergerak secara bergantian dari satu kolam ke kolam berikutnya baik dengan memompa atau dengan gravitasi. Jumlah aliran dikontrol dengan gerbang mekanis untuk menjaga kepadatan air asin target dan ketinggian kolam. Besi, kalsium, dan magnesium karbonat mengkristal ketika konsentrasi air garam adalah 3,5–13 Be°. Ketika air garam mencapai kristalisasi, di sana masih mengandung kalsium sulfat terlarut, magnesium sulfat, magnesium klorida, dan sejumlah kecil kalium klorida, ditambah sejumlah kecil elemen lain yang ada dalam air laut. Endapan natrium klorida dengan penguapan terus menerus, membentuk lapisan garam setebal 10-25 cm. Seringkali *plant* garam pertama yang disimpan tetap berada di dasar alat kristalisasi sebagai dasar garam untuk

mencegah kontaminasi tanah dan untuk meningkatkan kekuatan dasar kristalisasi, cara tersebut menyebabkan beban pada alat panen.

Kelebihan Solar Evaporation:

1. Relative sederhana, mudah dilakukan.
2. Memiliki peralatan dan utilitas yang ekonomis.

Kekurangan Solar Evaporation:

1. Memiliki kadar NaCl yang rendah serta impuritas yang masih cukup tinggi untuk kualitas industri.
2. Tergantung pada keadaan iklim dan cuaca.

5. Proses Pencucian dengan *Brine (Washing)*.

Proses pencucian garam yang baik pada dasarnya mampu meningkatkan kualitas garam, bukan hanya sekedar membersihkan garam dari kotoran lumpur atau tanah, tetapi juga mampu menghilangkan zat-zat pengotor (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 \leq 10gr/Liter.

Metode pencucian dengan brine (*washing*) memanfaatkan sifat kelarutan NaCl sebagai komponen utama dari garam. Proses ini dapat mereduksi kandungan pengotor, baik pengotor terlarut maupun tidak terlarut di permukaan dan di dalam kristal garam. Dalam proses ini, pengotor dalam garam akan di ekstrak keluar menggunakan pelarut berupa brine, dimana brine tersebut akan melarutkan pengotor dalam kristal garam, namun garam (NaCl) tidak akan ikut terlarut.

Penggunaan pelarut berupa air dalam proses pemurnian garam akan mengakibatkan hilangnya 10-40% NaCl dalam garam. Apabila menggunakan

pelarut berupa brine, hanya akan mengakibatkan hilangnya 1-2% NaCl dalam garam. Oleh karena itu, penggunaan pelarut berupa brine sangatlah meminimalisir kehilangan NaCl dalam garam. (A. Martina & J.R. Witono)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nelson Saksono, menunjukkan bahwa zat yang bersifat pereduksi dan higroskopis pada garam adalah yang paling bertanggungjawab terhadap hilangnya iodium pada garam melalui proses redoks dalam suasana asam, karena zat tersebut terbentuk bersamaan dengan pembentukan garam. Kemurnian garam yang dibuat dengan pencucian biasanya memiliki kadar lebih dari 94,7%.

Namun dari berbagai proses tersebut terdapat beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, seperti pada tabel berikut.

Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pemurnian Natrium Chloride

| Parameter | Jenis Proses | | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | <i>Vacuum Pan</i> | <i>Open Pan</i> | <i>Rock Salt Mining</i> | <i>Solar Evaporator</i> | <i>Washing</i> |
| Bahan baku | Garam rakyat / brine | Garam rakyat / brine | Batuan garam | Air laut / brine | Garam rakyat |
| Bahan pendukung | Soda ash, caustic soda, air | Air | - | Air | Brine, Na ₂ CO ₃ , NaOH |
| Kadar NaCl | 99-99,8% | 98,5-99,4% | 98,5-99,4% | >90% | >94,7% |
| Peralatan | Mahal | Mahal | Mahal | Murah | Murah |
| Utilitas | Mahal | Mahal | Ekonomis | Ekonomis | Ekonomis |
| Instrumentasi | Mahal | Mahal | Sederhana | Sederhana | Sederhana |

Berdasarkan uraian pada tabel 1.7 Perbandingan Proses Pemurnian *Natrium Chloride* diketahui bahwa proses *Washing* dianggap lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses *Vacuum Pan*, *Open Pan*, *Rock Salt Mining*, dan *Solar Evaporator*. Keuntungan dari proses pencucian dengan brine adalah menggunakan bahan baku yang mudah didapat yaitu garam rakyat dengan harga relatif murah. Produk yang dihasilkan juga telah memenuhi standart SNI dari Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia yaitu minimal 96%. 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 dari Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia (2002).

Tabel 1.8 SNI Garam Industri

| No. | Parameter | Standar |
|-----|------------------|-----------------|
| 1. | NaCl, min | 96% |
| 2. | H ₂ O | 3% |
| 3. | Ca, max | 0,1% |
| 4. | Mg, max | 0,06% |
| 5. | SO ₄ | 0,2% |
| 6. | Bentuk | Padatan Kristal |
| 7. | Warna | Putih |

Sumber : Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia (2002)

Target dari pemurnian garam industri mengacu pada SNI dari Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia (2002). Spesifikasi dari bahan baku garam rakyat yang diproduksi di Kabupaten Sumenep:

Tabel 1.9 Spesifikasi Garam Rakyat di Kabupaten Sumenep

| Komponen | Kadar (%) |
|------------------------------------|-----------|
| NaCl | 89,95% |
| CaSO ₄ | 0,80 |
| CaCl ₂ | 0,72 |
| MgCl ₂ | 1,57 |
| Mg(HCO ₃) ₂ | 0,33 |
| KCl | 1,31 |
| KBr | 0,31 |
| KIO ₃ | 0,01 |
| H ₂ O | 5,00 |

Sumber : Kementerian Kelautan dan Perikanan (2015)

Berdasarkan dari hasil penelitian Gunawan dkk pada tahun 2013, penggunaan bahan baku dari garam rakyat yang melalui proses pemurnian diperoleh NaCl dengan kadar 98,62%. Hal ini menunjukkan bahwa pra

perancangan pabrik dapat dilakukan menggunakan proses ini, karena telah memenuhi standar baku SNI yang memiliki kadar NaCl minimum 96%.

Selain itu proses ini juga dapat mengikat kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} , sehingga hasil akhir produk masing-masing memiliki kadar Ca^{2+} sebesar 0,0620% dan Mg^{2+} sebesar 0,0289%. Hal tersebut juga telah memenuhi SNI kandungan Ca^{2+} maksimum 0,1% dan Mg^{2+} maksimum 0,06%. Maka dari itu, metode ini dapat digunakan untuk diterapkan pada pra perancangan pabrik garam industri dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari garam rakyat.

1.4 Uraian Proses

1. Brine Preparation

Proses pencucian garam menggunakan metode *brine* dilakukan dengan mencampurkan *brine* dan garam rakyat, *brine* yang digunakan diperoleh dari *brine tank* yang telah diproses pada tahap *brine preparation*. *Brine preparation* merupakan tahap produksi *brine*, mula-mula *brine* dibuat dengan mencampurkan garam industri berkadar 98.94% dan air di dalam *brine tank* yang dilengkapi dengan pengaduk hingga diperoleh kadar *brine* sebesar 30°Be. Kemudian *brine* dialirkan ke dalam *mixer tank* untuk digunakan sebagai larutan pencuci garam rakyat.

2. Pre-Treatment Bahan Baku

Garam rakyat dengan kadar NaCl 89,95% dari gudang bahan baku yang bersuhu 25-30°C diangkut menggunakan *screw conveyor* I menuju *roll crusher* untuk dilakukan proses *size reduction* (pengecilan ukuran) menjadi berukuran 4 mm. Penggunaan *roll crusher* selain untuk melakukan pengecilan ukuran juga untuk memecah inti kristal garam. Setelah di *crusher* garam melalui tahap *screening* agar garam yang ukurannya tidak sesuai dikembalikan ke *crusher* sedangkan garam yang ukurannya sesuai diangkut menggunakan *bucket elevator* menuju *salt silo*. Pada *salt silo* garam dialirkan secara gravitasi menuju *mixer* untuk dilakukan proses pencucian.

3. *Washing*

Sebelum masuk ke *mixer* garam ditimbang dengan *weighter* sehingga proses pencucian akan selalu dalam efisiensi maksimal. Pada *mixer* garam ditambahkan larutan pencuci berupa *brine* yang dialirkan dari *brine tank* dengan bantuan *centrifugal pump*, kemudian *brine* dan garam masuk ke dalam *mixer* secara bersamaan. Selanjutnya *brine* akan mengekstrak keluar pengotor dalam kristal garam tanpa melarutkan NaCl karena memiliki kadar lebih tinggi dibanding senyawa lain yang terkandung didalam garam. Setelah dilakukan proses pencucian, larutan garam dialirkan secara gravitasi menuju *settling tank*, dalam *settling tank* terjadi pemisahan awal larutan dan padatan garam dengan prinsip *flotation*. Padatan yang tersedimen di bagian bawah *settling tank* akan diangkut oleh *screw conveyor II* menuju unit selanjutnya yaitu proses pengeringan dan pengemasan, sedangkan larutan dari *settling tank* dialirkan menuju WWTP. Semua proses tersebut berlangsung pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm.

4. *Drying and Packing*

Padatan kristal garam yang telah dipisahkan pada *settling tank* disalurkan menggunakan *screw conveyor II* menuju ke *rotary dryer* untuk dilakukan proses pengeringan. Pada *rotary dryer* terjadi proses pengeringan kristal garam dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm menggunakan pemanasan sistem oven. Bahan yang keluar dari *rotary dryer* ini memiliki konsentrasi NaCl sebesar 98,94% dan air maks 0,2%. Produk Kristal garam yang keluar dari *rotary dryer* bersuhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ dan masih terlalu panas sehingga harus dilakukan pendinginan menggunakan *cooling conveyor* terlebih dahulu sebelum dilakukan pengemasan. Pada *cooling conveyor* terjadi proses pendinginan kristal garam dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Bahan yang keluar dari *rotary cooler* ini memiliki konsentrasi NaCl sebesar 98.94%, air maks 4% dan suhu kristal garam sebesar $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Produk keluaran dari *rotary cooler* akan diangkut menggunakan *bucket elevator* menuju *crusher*. Sehingga dalam *crusher* akan dilakukan proses *size reduction* kristal garam menjadi berukuran 1 mm. Setelah di *crusher*

garam akan melalui proses *screening* sehingga garam yang ukurannya tidak sesuai dikembalikan ke *crusher* sedangkan garam yang ukurannya telah sesuai masuk kedalam *salt storage*. Sebelum masuk ke *salt storage* garam di timbang menggunakan *weighter* agar produksi tetap dalam efisiensi maksimal. Produk kristal garam yang dihasilkan memiliki konsentrasi NaCl sebesar 98,94% dan air maks $\pm 4\%$ sebagai produk akhir.

1.5 Spesifikasi Bahan

Bahan baku yang digunakan adalah garam rakyat dan *brine* untuk pemurnian garam rakyat dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Bahan Baku

A. Garam Rakyat: senyawa yang komponen utamanya terdiri dari *sodium Chlorida* (> 80%) dan mengandung senyawa lain seperti air, magnesium kalsium, sulfat dan lain-lain (Marihati dan Muryati, 2008).

a. Rumus Molekul: NaCl (Komponen utama)

b. Sifat Fisik

- Nama lain : *Crude Sea Salt*
- Berat molekul : 58,45 g/mol
- Warna : putih
- Bau : tidak berbau
- Bentuk : kristal
- Specific Gravity : 2,163
- Melting Point : 800,4°C
- Boiling Point : 1413°C
- Solubility, (cold water) : 35,7 kg/ 100 kg H₂O (H₂O = 0°C)
- Solubility, (hot water) : 39,8 kg/ 100 kg H₂O (H₂O =100°C)

| Komponen | % Berat |
|------------------------------------|----------------|
| NaCl | 89,95 |
| CaSO ₄ | 0,80 |
| CaCl ₂ | 0,72 |
| MgCl ₂ | 1,57 |
| Mg(HCO ₃) ₂ | 0,33 |
| KCl | 1,31 |
| KBr | 0,31 |
| KIO ₃ | 0,01 |
| H ₂ O | 5,00 |
| Total | 100,00 |

c. Sifat Kimia

- Dapat bereaksi dengan asam maupun basa
- Tidak beracun
- Mudah dipisahkan dari larutan garam-air

2. Bahan Pendukung

A. Brine: larutan garam jenuh atau natrium klorida dengan konsentrasi tinggi.

a. Rumus Molekul : NaCl

b. Sifat Fisik (76% solution)

- Berat molekul : 48,7 g/mol
- Titik beku : 1,33°C
- Titik didih : 108,88°C
- Specific Gravity : 1,201

c. Sifat Kimia

- Pada fase liquid, dapat melarutkan zat-zat kimia lain
- pH : 6-9

(Perry, R.H and Don W.G : "Perry's Chemical Engineers' Handbook")

BAB X

KESIMPULAN

Dari uraian proses pabrik Garam Industri dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas pabrik garam industri adalah 50.000 ton/tahun.
2. Bahan baku yang digunakan adalah garam rakyat dengan kebutuhan sebesar 4875,81 kg/jam dan direncanakan lokasi pendirian pabrik di Kabupaten Sumenep, Madura Jawa Timur.
3. Proses pembuatan garam industri berbahan baku garam rakyat terdiri dari beberapa tahap, yaitu :
 - a. *Brine preparation*
 - b. *Pre-treatment* bahan baku
 - c. *Washing*
 - d. *Drying and packing*
4. Untuk mendirikan pabrik garam industri kapasitas 50.000 ton/tahun berbahan baku garam rakyat, diperlukan:
 - a. Modal investasi sebesar Rp 106.700.506.618
 - b. Biaya produksi sebesar Rp 1.834.143.981.040
 - c. Hasil penjualan pertahun sebesar Rp 1.859.125.000.000

DAFTAR PUSTAKA

A. Martina and J. R. Witono. 2015. "Pemurnian garam dengan metode hidoekstraksi batch," Res. Report-Engineering Sci., vol. 1. Diakses 20 Juni 2021 dari <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/69246/6907>

Aries, Robert S., and Robert D. Newton. 1955. "*Chemical Engineering Estimation*". New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Arifin, A. N. 2015. "Pabrik Sodium Chloride Dengan Proses Multiple Effect Evaporator". Surabaya: UPN Veteran. Diakses 30 Juli 2021 dari <https://repository.its.ac.id/62758/1/Undergraduate%20theses.pdf>

Apriando Tommy. 2015. "Target Bebas Impor Pada Petambak Garam". Diakses 26 Juli 2021 dari <http://www.mogbay.co.id>

Badan Pusat Statistik (BPS). 2020. "Data Ekspor dan Impor Garam Indonesia Jakarta". Diakses 31 Juli 2021 dari www.bps.go.id

Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. "Perkembangan Ekspor dan Impor Garam Indonesia". Sistem Informasi Statistik Ekspor Impor, Pusat Data dan Informasi Perdagangan, Kementerian Perdagangan.

Bhattacharya B. C. 1976. "*Introduction to Chemical Equipment Design Mechanical Aspects*". Kharagpur.

Brownell. L. E. and Young, E. H. 1959. "*Process Equipment Design*". New York: John Wiley and Sons, Inc.

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 2005, Chemical Engineering, Vol 6, Pergamon Internasional Library, New York.

Departement Pekerjaan Umum. 2000. Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Non Domestik. National Management Consultant. Depok.

Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia. 2002. Standart Nasional Indonesia. Garam Industri.

Effendy, M. Zainuri, M., Hafiluddin. 2014. "Persembahan Program Studi Ilmu Kelautan dan Maritim Madura", Intenfikasi Lahan Garam Rakyat di Kabupaten Sumenep, Bangkalan: UTM Press. Diakses 6 Juli 2021 dari http://bppp/kemendag.go.id/media_content/2017/08/Isi_BRIK_Garam.pdf

- Eusalt. 2016. "*Salt Uses*". Diakses 27 April 2021 dari <http://eusalt.com/saltuses>
- Geankoplis, C. J. 1993. "*Transport Process and Unit Operation 3th Edition*". New Delhi: Prentice-Hall of India.
- Geankoplis, C. J. 2003. "*Transport Process and Unit Operation 4th Edition*". New Jersey: Prentice-Hall International.
- Geankoplis, C. J. "*Transport Processes and Separation Process Principles 5th Edition*". Prentice-Hall International.
- Gunawan, Akustika, Khabibi. 2013. "Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 16 (2) (2013):50-54". Diakses 6 Juli 2021 dari <http://ejournal.undip.ac.id/index.pho/ksa>
- Hidayat, W., 2008, "Teknologi Pengolahan Air Limbah". Diakses 10 Juni 2021 dari <http://majarimagazine.com/2008/01/teknologi-pengolahan-airlimbah/>
- Himmelblau. D. M. 1996. "*Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*". Ne Jersey:Prentice Hall, Inc.
- Huda. 2013. "Investasi Pada Pasar Modal Syariah". Jakarta: Kencana
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2015. "Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2014". Diakses 6 Juli 2021 dari http://bppp.kemendag.go.id/media_content/2017/08/Isi_BRIK_Garam.pdf
- Ketutsumada, dkk. 2016, "Garam Industri Berbahan Baku Garam Krosok dengan Metode Pencucian dan Evaporasi. Diakses pada 22 Mei 2021 dari ejournal.upnjatim.ac.id
- M. Marihati. 2008. "Pemisahan dan pemanfaatan Bittern Sebagai Salah Satu Upaya Peningkatan Petani Garam". Semarang: BBTPPI Semarang. Diakses 20 Juni 2021 dari <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/69246/6907>
- Mc. Cabe, W. L. Smith. J. C and Harriot, P. 1985. "*Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*". Singapore:McGraw Hill Book.
- Mc. Cabe. 1993. "*Unit Operation of Chemical Engineering 6th Edition*". New York: Mc. Graw-Hill Book.
- Peraturan Menteri Perindustrian No. 88/M-IND/PER/10/2014 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Perindustrian No. 134/M-IND/PER/10/2009 tentang peta panduan (road map) pengembangan klaster Industri garam, 2014. Jakarta. Diakses

6 Juli 2021 dari http://bppp.kemendag.go.id/media_content/2017/08/Isi_BRIK_Garum.pdf

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017. Diakses 6 Juli 2021 dari <http://hukor.kemkes.go.id>

Perry, R.H. and Green, D. 1984. "*Perry's Chemical Engineer Handbook 6th Edition*". New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Perry, R.H. 1997. "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*". Los Angeles, CA: McGraw-Hill.

Perry, Chilton. 1999. "*Perry's Chemical Engineer Handbook 7th Edition*" New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Peter, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. "*Plant Design Economics for Chemical Engineering 3th Edition*". New York McGraw Hill Book Company.

Peter, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. "*Plant Design Economics for Chemical Engineering 4th Edition*". New York: McGraw Hill Book Company.

Powell, S. T. 1954. "*Water Condition for Industry*". New York: McGraw Hill Book Company, Inc.

Prasetyaningsih. E. 2008. "Industri Garam" Diakses pada 27 Juli 2021 dari <http://kuliah.wikidot.com>

Purbani, D. 2000. "Proses Pembentukan Kristalisasi Garam. Jakarta: Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati". Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Diakses 2021 dari 6 Juli http://bppp.kemndag.go.id/media_content/2017/08/Isi_BRIK_Garam.pdf

Van Ness, S. 1987. "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 4th Edition*". Singapore: Mc. Graw-Hill.

Sulistiyono, Endra. 2015. "Mewujudkan Garam Nasional yang Bersasembada". Diakses 6 Juli 2021 dari http://bppp.kemndag.go.id/media_content/2017/08/Isi_BRIK_Garam.pdf

Supardi. 2013. "Pengolahan dan Keamanan Pangan. Diakses 12 Mei 2021 dari <http://static.buku.kemendikbud.go.id>

Timmerhaus, K. D. dan Peters, Max S. 2004. "*Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th Ed*". McGraw-Hill Inc, Singapur for Chemical Engineers.

Ulrich, G. D. dan P.T. Vasudevan. 1984. "*Chemical Engineering Process Design and Economics, A Practical Guide, 2nd Edition*". UK: Routledge.

Walas, Stanley M. 1988. "*Chemical Process Equipment*". Departement of Chemical and Petroleum Engineering Univercity of Kanas.

Walas, Stanley M. 1990. "*Chemical Process Equipment*". Departement of Chemical and Petroleum Engineering Univercity of Kanas.

Widayat. 2016, Analisis Data Penelitian". UMM Press

Yaws, Carl L. 1999, "*Chemical Properties Handbook*". New York: McGraw-Hill.

