

PROYEK AKHIR - VK194833

**PENGARUH PENAMBAHAN NaOH TERHADAP
KANDUNGAN MAGNESIUM PADA GARAM (NaCl) DARI
AIR LAUT (*SEA WATER*)**

RAFIANOLA MAWARNI

NRP 10411810000051

SABILAH PUTRI AULIA

NRP 10411810000075

Dosen Pembimbing

Ir. Agung Subyakto, M.S.

NIP. 19580312 198601 1 001

**Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022**



PROYEK AKHIR - VK194833

**PENGARUH PENAMBAHAN NaOH TERHADAP
KANDUNGAN MAGNESIUM PADA GARAM (NaCl) DARI
AIR LAUT (*SEA WATER*)**

RAFIANOLA MAWARNI

NRP 10411810000051

SABILAH PUTRI AULIA

NRP 10411810000075

Dosen Pembimbing

Ir. Agung Subyakto, M.S.

NIP. 19580312 198601 1 001

**Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022**



FINAL PROJECT - VK194833

***EFFECT OF ADDITION OF SODIUM HYDROXIDE ON THE
MAGNESIUM CONTENT OF SALT (NaCl) FROM SEA
WATER***

RAFIANOLA MAWARNI

NRP 10411810000051

SABILAH PUTRI AULIA

NRP 10411810000075

Advisor

Ir. Agung Subyakto, M.S.

NIP. 19580312 198601 1 001

**Study Program Bachelor of Applied Science
Industrial Chemical Engineering Technology
Departement Of Industrial Chemical Engineering
Faculty Of Vocational Studies
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Proyek Akhir dengan Judul:

**"PENGARUH PENAMBAHAN NaOH TERHADAP KANDUNGAN MAGNESIUM
PADA GARAM (NaCl) DARI AIR LAUT (SEA WATER)"**

PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
Pada Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

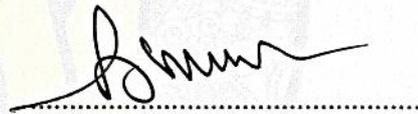
Oleh:

Rafianola Mawarni
Sabilah Putri Aulia

NRP. 10411810000051
NRP. 10411810000075

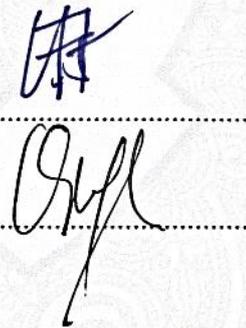
Disetujui Oleh:
Pembimbing:

1. Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP 195803121986011001

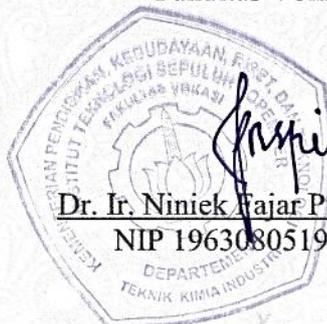


Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP 196006241987011001
2. Dr. Lailatul Qomariyah, S.T.
NPP 1992202012056



Surabaya, 20 Juli 2022
Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi ITS



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
NIP 196308051989032002

APPROVAL SHEET

Final Project Report with Title:

**” EFFECT OF ADDITION OF SODIUM HYDROXIDE ON THE MAGNESIUM
CONTENT OF SALT (NaCl) FROM SEA WATER”**

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining a degree
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
Undergraduate Study Program of Industrial Chemical Engineering Technology
Department of Industrial Chemical Engineering
Faculty of Vocational Studies
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

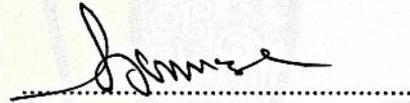
**Rafianola Mawarni
Sabilah Putri Aulia**

**NRP. 10411810000051
NRP. 10411810000075**

Approved by Final Project Examiner Team:

Advisor:

1. Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

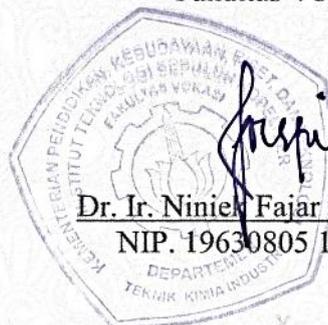


Examiner:

1. Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP. 19600624 198701 1 001
2. Dr. Lailatul Qomariyah, S.T.
NPP. 1992202012056



Surabaya, 20 Juli 2022
Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi ITS



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

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Rafianola Mawarni
NRP. 10411810000051
Sabilah Putri Aulia
NRP. 10411810000075
Departemen : Teknik Kimia Industri
Dosen Pembimbing / NIP : Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP 19580312 198601 1 001

Dengan ini menyatakan bawah Proyek Akhir dengan judul “**Pengaruh Penambahan NaOH Terhadap Kandungan Magnesium Pada Garam (NaCl) dari Air Laut (Sea Water)**” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Juli 2022

Mengetahui,
Dosen Pembimbing I



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

Mahasiswa I



Rafianola Mawarni
NRP. 10411810000033

Mahasiswa II



Sabilah Putri Aulia
NRP. 10411810000075

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Rafianola Mawarni
NRP. 10411810000051
Sabilah Putri Aulia
NRP. 10411810000075
Department : Industrial Chemical Engineering
Advisor / NIP : Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP 19580312 198601 1 001

hereby declare that the Final Project with the title of "*Effect of Addition of Sodium Hydroxide on The Magnesium Content of Salt (NaCl) From Sea Water*" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 2022

Acknowledged,
Advisor I



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

Student I



Rafianola Mawarni
NRP. 10411810000051

Student II



Sabilah Putri Aulia
NRP. 10411810000075

PENGARUH PENAMBAHAN NaOH TERHADAP KANDUNGAN MAGNESIUM PADA GARAM (NaCl) DARI AIR LAUT (*SEA WATER*)

Nama Mahasiswa : 1. Rafianola Mawarni NRP. 10411810000051
2. Sabilah Putri Aulia NRP. 10411810000075

Program Studi : Sarjana Terapan
Jurusan : Teknik Kimia Industri FV- ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Subyakto, M.S.

ABSTRAK

Garam merupakan kumpulan senyawa kimia yang bagian utamanya terdiri dari natrium klorida (NaCl) dengan zat pengotor yang terdiri dari CaSO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 . Dari segi pemanfaatannya garam diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu garam konsumsi, garam industri dan garam farmasi dengan syarat mutu yang berbeda. Garam konsumsi memiliki kandungan natrium klorida (NaCl) sebesar 94%, garam industri memiliki kadar NaCl sebesar 96% sedangkan untuk garam farmasi memiliki kadar NaCl sebesar 99-100%. Peningkatan kualitas garam dapat dilakukan melalui berbagai cara salah satunya dengan chemical treatment. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variabel penambahan NaOH terhadap kadar magnesium (Mg) dan kualitas garam yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam proses pembuatan garam adalah metode kristalisasi dengan sampel air laut 3,5^oBe. Sampel air laut akan dimurnikan dahulu dengan menambahkan senyawa Na_2CO_3 , NaOH, dan BaCl_2 sesuai variabel untuk menghilangkan Ca, Mg, dan SO_4 . Kemudian dilakukan pemisahan antara endapan CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, dan BaSO_4 dan filtrat dengan menggunakan *vacuum filter*. Proses kristalisasi dilakukan dengan penguapan solvent dengan suhu 70 °C hingga terbentuk kristal NaCl. Partikel kristal kemudian dicuci dan dikeringkan dengan oven pada suhu 80 °C. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kualitas garam terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah pada sampel variabel D dengan penambahan NaOH sebanyak 2x mol Mg. Variabel D menghasilkan garam dengan kadar NaCl sebesar 96.975%; kadar Ca sebesar 0.0021% ; kadar Mg sebesar 0.0102% dan kadar SO_4 sebesar 0.1337%. Kadar ini memenuhi SNI 0303-2012 sebesar (96 %*db*) untuk kualitas garam industri soda kaustik. Untuk mengetahui adanya kristal halite NaCl pada sampel D dilakukan analisa *X-Ray Diffraction* dan menunjukkan adanya peak pada posisi 27.85° ; 31.89° ; 45.75° ; 56.88° ; 66.38° ; dan 75.46°.

Kata Kunci: Garam industri, perlakuan kimia, metode kristalisasi, dan *impurities*.

EFFECT OF ADDITION OF SODIUM HYDROXIDE ON THE MAGNESIUM CONTENT OF SALT (NaCl) FROM SEA WATER

Student Name : 1. Rafianola Mawarni NRP. 10411810000051
2. Sabilah Putri Aulia NRP. 10411810000075

Study Program : Bachelor of Applied Science
Department : Industrial Chemical Engineering
Advisor : Ir. Agung Subyakto, M.S.

ABSTRACT

Salt is a collection of chemical compounds whose main part consists of sodium chloride (NaCl) with impurities consisting of CaSO₄, MgSO₄, MgCl₂. In terms of utilization, salt is classified into 3 types, namely consumption salt, industrial salt and pharmaceutical salt with different quality requirements. Consumption salt has a sodium chloride (NaCl) content of 94%, industrial salt has a NaCl content of 96% while for pharmaceutical salt it has a NaCl content of 99-100%. Improving the quality of salt can be done in various ways, one of which is chemical treatment. The purpose of this study was to determine the effect of the variable addition of NaOH on magnesium (Mg) levels and the quality of the resulting salt. The method used in the process of making salt is the crystallization method with seawater samples of 3.5°Be. The seawater sample will be purified first by adding Na₂CO₃, NaOH, and BaCl₂ compounds according to the variables to remove Ca, Mg, and SO₄. Then the separation between the CaCO₃, Mg(OH)₂, and BaSO₄ deposits and filtrate was carried out using a vacuum filter. The crystallization process is carried out by evaporation of the solvent at a temperature of 70 °C to form NaCl crystals. The crystal particles were then washed and dried in an oven at 80 °C. The results of the study showed that the best quality of salt produced from this study was in the sample variable D with the addition of NaOH as much as 2x mol Mg. Variable D produces salt with NaCl content of 96.975%; Ca content is 0.0021%; Mg content is 0.0102% and SO₄ content is 0.1337%. This level complies with SNI 0303-2012 (96% db) for the quality of caustic soda industrial salt. To determine the presence of NaCl halite crystals in sample D, X-Ray Diffraction analysis was performed and showed a peak at position 27.85° ; 31.89° ; 45.75° ; 56.88° ; 66.38° ; and 75.46°.

Key Word: *Industrial salt, chemical treatment, crystallization method, and impurities.*

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kami panjatkan Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga kami dapat berkesempatan untuk menyelesaikan laporan akhir dengan judul:

“Pengaruh Penambahan NaOH Terhadap Kandungan Magnesium Pada Garam (NaCl) dari Air Laut (*Sea Water*)”

Laporan proyek akhir ini merupakan tahapan akhir dari penyusunan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur.

Dalam penyusunan laporan akhir ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu memberikan bantuan dan bimbingan kepada kami atas terselesaikannya laporan proyek akhir ini. Pada kesempatan ini penulis secara khusus menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan do'a, motivasi, menasehati, semangat serta dukungan untuk kesuksesan dan keberhasilan penulis selama tugas akhir berlangsung.
3. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. selaku Kepala Departemen Teknik Kimia Industri ITS Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Kepada Bapak Ir. Agung Subyakto, M.S. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dorongan dan semangat kepada penulis, sehingga laporan magang ini dapat selesai dengan baik dan benar.
5. Kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA sebagai dosen penguji dalam serangkaian sidang proyek akhir.
6. Kepada Ibu Dr. Lailatul Qomariyah, S.T. sebagai dosen penguji dalam serangkaian sidang proyek akhir.
7. Segenap Bapak dan Ibu Dosen, Staff dan Tenaga Pendidik Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
8. Semua rekan-rekan seperjuangan Graphene 2018 yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Dengan demikian laporan tugas akhir ini disusun dan diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca bagi berbagai pihak dalam dunia pendidikan khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, saya mengharapkan berbagai kritik dan saran agar dalam pengerjaan laporan ini menjadi lebih maksimal dan sempurna. Atas kesediaan Bapak/Ibu dan saudara/i membaca laporan ini kami mengucapkan terimakasih.

Surabaya, 24 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR GRAFIK	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Garam (NaCl).....	3
II.2 Klasifikasi Garam.....	4
II.2.1 Garam Konsumsi	4
II.2.2 Garam Industri.....	5
II.2.3 Garam Farmasi	5
II.3 Metode Pembuatan Garam	6
II.3.1 Metode <i>Solar Evaporation</i>	6
II.3.2 Pencucian dengan <i>Brine</i> (Hidroekstraksi)	7
II.3.3 Metode Kristalisasi	7
II.4 Proses Pemurnian Air Garam	10
II.5 Bahan Untuk Pemurnian	10
II.5.1 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃)	11
II.5.2 Natrium Hidroksida (NaOH).....	11
II.5.3 Barium Klorida (BaCl ₂).....	12
II.6 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
III.1 Desain Proyek.....	15
III.1.1 Diagram Alir.....	15
III.1.2 Bahan Penelitian	16
III.1.3 Alat Penelitian	16
III.1.4 Variabel Penelitian	16
III.1.5 Prosedur Penelitian	17
III.1.6 Uji Analisa Garam Menurut SNI 0303-2012	17
III.2 Rencana Jadwal Proyek.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
IV.1 Hasil Analisa Air Laut.....	21
IV.2 Hasil Analisa pada Produk Garam	23
IV.2.1 Pengaruh Variabel Penambahan Na ₂ CO ₃ terhadap Kadar Ca pada Garam.....	25
IV.2.2 Pengaruh Variabel Penambahan NaOH terhadap Kadar Mg pada Garam	26
IV.2.3 Pengaruh Variabel Penambahan BaCl ₂ terhadap Kadar SO ₄ pada Garam.....	27
IV.2.4 Pengaruh Variabel Penambahan NaOH terhadap Kadar NaCl pada Garam	27
IV.2.5 Analisa XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	28
BAB V KESIMPULAN	31
V.1 Kesimpulan.....	31

V.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	ix
APPENDIKS	xi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Natrium Klorida (Garam).....	4
Gambar 2. 2 Proses Pembuatan Garam dengan Metode <i>Solar Evaporation</i>	6
Gambar 2. 3 Mekanisme Pembentukan Kristal	8
Gambar 2. 4 <i>Solubility</i> dari NaCl di Pelarut Air	9
Gambar 2. 5 Diagram Fase Transisi Larutan dan Padatan pada Kondisi Lewat Jenuh	9
Gambar 2. 6 Natrium Karbonat (Na_2CO_3).....	11
Gambar 2. 7 Natrium Hidroksida (NaOH).....	11
Gambar 2. 8 Barium Klorida (BaCl_2)	12
Gambar 4. 1 Pengaruh Densitas ($^\circ\text{Be}$) Air Laut Terhadap Pembentukan Garam Selama Proses Evaporasi	22
Gambar 4. 2 Perbandingan Hasil Analisa XRD dengan Literatur JCPDS file 5-0628.....	28

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hasil Analisa Kadar Ca pada Garam	25
Grafik 4. 2 Hasil Analisa Kadar Mg pada Garam	26
Grafik 4. 3 Hasil Analisa Kadar SO ₄ pada Garam	27
Grafik 4. 4 Hasil Analisa Kadar NaCl pada Garam	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Air Laut	3
Tabel 2. 2 Syarat Mutu Garam Konsumsi	4
Tabel 2. 3 Syarat Mutu Garam Industri	5
Tabel 2. 4 Syarat Mutu Garam Farmasi.....	5
Tabel 2. 5 Kualitas Garam Berdasarkan Kandungan NaCl	10
Tabel 2. 6 Perbandingan Penelitian	13
Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Proyek	19
Tabel 4. 1 Perbandingan Unsur Utama Air Laut 3,5°Be dengan Literatur.....	21
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Massa Na ₂ CO ₃ , NaOH, dan BaCl ₂ untuk Memurnikan Sampel Air Laut.....	23
Tabel 4. 3 Data Garam Hasil Kristalisasi Air Laut 3,5°Be.....	23
Tabel 4. 4 Analisa kadar Ca, Mg, SO ₄ , dan NaCl pada Produk Garam.....	25

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negeri kepulauan terbesar di dunia yang memiliki lebih dari 17.000 pulau yang terbentang dari Sabang hingga Merauke dan memiliki garis pantai sepanjang 81.000 km. Hampir sebagian besar wilayah yaitu sebesar 62% luas Indonesia terdiri atas laut sebesar 5,8 juta km² dengan luas daratan hanya sebesar 1,9 juta km². Oleh karena itu, Indonesia memiliki potensi yang cukup besar dalam memproduksi garam untuk pemenuhan kebutuhan baik dalam dan luar negeri. Menurut data neraca garam BPS (2020), menunjukkan adanya peningkatan impor garam yang dilakukan Indonesia sebesar 2.227.521,7 kg pada tahun 2021. Hal ini sangat disayangkan mengingat adanya potensi besar yang dimiliki Indonesia apabila dilakukan produksi garam untuk konsumsi dalam negeri. Menurut data statistik 2020 menunjukkan bahwa adanya proses produksi garam yang dilakukan sebesar 2.349.629,81 ton (BPS, 2020). Hal ini tentunya dapat mengurangi adanya impor garam yang dilakukan di negara tetangga meskipun kebutuhan sepenuhnya belum tercukupi. Dengan memanfaatkan potensi akan sumber daya air laut yang melimpah dipastikan kebutuhan akan penggunaan garam untuk konsumsi maupun industri akan terpenuhi dan bahkan dapat dilakukan proses ekspor.

Garam merupakan salah satu bahan yang dimanfaatkan dan dikonsumsi manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Kebutuhan dalam pemanfaatan garam ini tidak hanya untuk garam konsumsi melainkan untuk pemenuhan dari sektor garam industri. Garam merupakan kumpulan senyawa kimia yang bagian utamanya adalah Natrium Klorida, dengan zat pengotor berupa CaSO₄, MgSO₄, dan MgCl₂. Garam yang dihasilkan dari proses penguapan dengan bahan *sea water* dengan metode kristalisasi ini adalah garam krosok atau garam kasar yang memiliki kandungan natrium klorida (NaCl) sebesar 85% dan memiliki beberapa kandungan zat pengotor atau *impurities* seperti MgSO₄, CaSO₄, dan MgCl₂ (Sulistyaningsih *et al.*, 2010). Menurut Kirk Othmer (1967) menyatakan bahwa komposisi air laut yang dihasilkan memiliki kandungan NaCl sebesar 2,76% ; kandungan MgCl₂ sebesar 0,32% ; kandungan MgSO₄ sebesar 0,22 % ; kandungan CaSO₄ sebesar 0,12 % ; dan kandungan H₂O sebesar 96,58% (Diniari, 2021).

Garam krosok ini tidak dapat di konsumsi atau digunakan secara langsung sehingga harus dilakukan pengolahan menjadi garam industri yang memiliki nilai jual tinggi. Menurut literatur Djoko (1995), hasil produksi garam masih belum memenuhi standar kadar yang ada hal ini dikarenakan kondisi bahan baku air laut yang kualitasnya masih rendah. Sedangkan untuk garam industri memiliki peran penting seperti pembuatan *caustic soda*, *soda ash*, pengawetan dan pemanfaatan apada industri farmasi dan tekstil. Berdasarkan Perindustrian RI No. 88/M-IND/PER/10/2014, garam konsumsi memiliki kadar natrium klorida minimal 96% dan untuk SNI 3556-2016 sebesar 94,7% (BSN, 2016). Sedangkan untuk garam industri sebesar 98,5% berdasarkan SNI 0303-2012 (BSN, 2012). Kualitas kadar natrium klorida pada garam yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kualitas, proses dan teknologi yang diterapkan untuk menghasilkan kadar NaCl yang sesuai dengan standard mutu yang ada.

Pada penelitian ini menggunakan metode kristalisasi yang merupakan salah satu proses dalam pembuatan garam yang menghasilkan kadar NaCl yang baik. Metode kristalisasi dimulai setelah air laut dilakukan proses pemurnian dengan penambahan *chemical treatment* dengan penambahan senyawa kimia berupa NaOH, BaCl₂ dan Na₂CO₃ untuk menghilangkan berbagai senyawa zat pengotor (*impurities*). Proses kristalisasi ini dapat terjadi dengan adanya perubahan dan atau komposisi yang dilakukan dengan metode batch dan kontinu dengan proses tangki berpengaduk (Charcosset *et al.*, 2010). Prinsip dasar dari proses kristalisasi adalah perbedaan kelarutan antara zat yang akan dimurnikan dengan zat pengotornya (Pinalia, 2011). Proses

penambahan *chemical treatment* ini dilakukan berdasarkan hasil dari analisa di tiap komponen dalam air laut. Hasil pengolahan garam dengan menggunakan metode kristalisasi menghasilkan kadar NaCl mencapai 98%. Pada proses penghilangan zat pengotor pada air laut salah satu yang dilakukan dengan penambahan Natrium Hidroksida (NaOH) untuk menghilangkan kadar Magnesium pada senyawa zat pengotor $Mg(OH)_2$ dan $MgCl_2$. Penggunaan senyawa NaOH proses purifikasi dapat meningkatkan kadar NaCl dengan cara mengendapkan zat pengotor tersebut. Berdasarkan Literatur Pujiastuti (2018) bahwa adanya penambahan NaOH optimal dalam memisahkan pengotor pada garam secara efektif. Pemilihan penambahan NaOH berlebih dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk menghilangkan kadar magnesium berlebih yang ada pada air laut sekitar 0.5% sehingga dengan melakukan penambahan NaOH diharapkan kandungan magnesium dapat memenuhi standard yang ada (Pujiastuti et al., 2018).

Ada beberapa penelitian terdahulu telah melakukan pembuatan garam dengan bahan baku air laut berbagai metode seperti proses *open pan* dan proses *solar evaporation*. Pada kedua penelitian tersebut menggunakan air laut sebagai bahan baku dalam pembuatan garam tetapi yang membedakan adalah metode yang digunakan dalam proses nya. Pada proses proses *solar evaporation* menghasilkan yeild sebesar 98.5% – 99.4% garam. Sedangkan untuk proses *Vacuum Pan* menghasilkan yeild 99.8% (Fitryawati, 2021). Selain jenis proses pembuatan Garam dari air laut dengan metode *Sedimentation Microfiltration* yang menghasilkan hasil produk NaCl dengan kadar sebesar 99% (Widoretno, 2014). Dari beberapa proses proses pembuatan garam diatas maka dipilih proses kristalisasi pada penelitian ini dikarenakan lebih efektif dari segi efisiensi proses dalam meningkatkan garam. Proses kristalisasi adalah salah satu operasi industri kimia untuk menghasilkan, memurnikan atau memisahkan produk dengan memproduksi padatan partikulat yang diterapkan dalam sektor industri farmasi, kimia, elektronik dan mineral.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variabel penambahan NaOH terhadap kadar magnesium (Mg) dan kualitas garam yang dihasilkan?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variabel penambahan NaOH terhadap kadar magnesium (Mg) dan kualitas garam yang dihasilkan.

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bidang Pendidikan

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk dapat dilakukan penelitian lebih lanjut oleh pihak akademisi agar mendapatkan hasil garam industri yang dihasilkan dengan metode kristalisasi.

2. Bidang Industri

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat dilakukan inovasi proses terbaru dalam pembuatan garam di industri dengan melakukan penambahan senyawa kimia untuk menghasilkan garam (NaCl) dengan kualitas tinggi.

3. Bidang Kesehatan

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa referensi proses untuk memproduksi garam industri sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengobatan medis dan sediaan farmasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Garam (NaCl)

Garam yang kita kenal sehari-hari, adalah suatu kumpulan senyawa kimia dengan bagian terbesar terdiri dari natrium klorida (NaCl) dengan pengotor terdiri dari kalsium sulfat (gips) CaSO_4 , Magnesium sulfat (MgSO_4), Magnesium klorida (MgCl_2), dan lain-lain (Sulistyaningsih *et al.*, 2010). Garam (NaCl) merupakan salah satu komoditas suatu kebutuhan pokok yang digunakan sebagai bahan baku untuk kebutuhan konsumsi dan industri. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil garam dimana garam mampu diproduksi oleh industri garam dan petani garam. Secara umum, garam di Indonesia dihasilkan dari proses penguapan air laut dengan bantuan sinar matahari di meja pegaraman. Penguapan air laut di ladang garam menyebabkan konsentrasi air laut tinggi dan konsentrasi garam pada tingkat tertentu dan garam menjadi mengkristal secara bertahap. Laju penguapan air laut ini bergantung pada kelembaban udara, kecepatan angin dan panas matahari (Ihsan *et al.*, 2002).

Menurut Muslimawati & Diniari (2021), air laut di Indonesia cukup berlimpah, namun di beberapa tempat air laut banyak tercampur dengan air tawar. Lahan atau area pegaraman yang dimanfaatkan untuk memproduksi garam seitar 20.000 ha dari potensial areal yang ada sebesar 35.000 ha. Hal ini berkurang lebih setengah dari lahan yang ada. Air laut merupakan bahan baku untuk pembuatan garam rakyat tradisional. Garam adalah hasil kristalisasi air laut di petak-petak tambak memiliki konsentrasi sebesar 25-29 ‰ (Apriani, 2018). Berikut ini adalah unsur utama air laut (*sea water*) :

Tabel 2. 1 Komposisi Air Laut

Komponen	% Berat
NaCl	2,76 %
MgCl_2	0,32 %
MgSO_4	0,22 %
CaSO_4	0,12 %
H_2O	96,58 %
Total	100,00 %

Sumber : (Muslimawati & Diniari, 2021)

Secara fisik, garam merupakan butiran padatan kristal yang berwarna putih yang memiliki kandungan terbesar adalah senyawa Natrium Klorida (NaCl) > 80% dan beberapa zat pengotor lain seperti kalsium sulfat (CaSO_4), Magnesium Sulfat (MgSO_4), Magnesium Klorida (MgCl_2) dan zat lainnya. Secara umum, garam NaCl memiliki kristal yang tidak berwarna dan berbentuk kubus dengan berat garam komersial umumnya sebesar 0,9 – 1,6 ton/m³.

Garam terbentuk dari hasil reaksi asam dan basa. Penggunaan garam dalam pemenuhan kebutuhan adalah untuk konsumsi rumah tangga, industri makanan, industri minyak goreng, industri tekstil dan penyamakan kulit. Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari garam :

Nama Lain	: Garam dapur, halit
Rumus Kimia	: NaCl
Berat Molekul	: 58,44 g/mol
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Bentuk	: Padat
pH	: 4,5 – 7

Titik didih : 1461°C
 Titik Lebur : 801°C
 Densitas : 2,17 g/cm³
 Kelarutan dalam air : 358 g/L.



Gambar 2. 1 Natrium Klorida (Garam)
 Sumber: (Ihsan et al., 2002)

II.2 Klasifikasi Garam

Beberapa jenis klasifikasi garam berdasarkan akan kebutuhan terhadap pasar. Mutu garam didasarkan dengan tinggi rendahnya kandungan zat pengotor atau *impurities* yang terkandung di dalam garam. Berikut ini adalah penggunaan garam secara garis besar meliputi:

II.2.1 Garam Konsumsi

Garam konsumsi yang beryodium dengan kandungan natrium klorida (NaCl) minimum 94,7% (diatas 87%), memiliki kandungan *impurities* (sulfat, kalsium dan magensium) sebesar 2%, dan zat pengotor seperti lumpur dan pasir sebesar 1% dengan kadar air yang diperbolehkan minimum 7%. Garam konsumsi ini diperuntukkan untuk pemenuhan kebutuhan pada konsumsi rumah tangga, industri makanan, industri minyak goreng dan industri perikanan untuk pengasisan dan pengawetan ikan. Berikut ini adalah syarat mutu garam konsumsi berdasarkan SNI 3556:2016.

Tabel 2. 2 Syarat Mutu Garam Konsumsi

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Kadar air (H ₂ O)	%	Maks. 7
2.	Kadar NaCl (Natrium Klorida)	%	Min. 94
3.	Bagian yang tidak larut dalam air	%	Maks. 0,5
4.	Cemaran Logam:		
	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,5
	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 10
	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,1
5.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1

Sumber : (BSN, 2016)

II.2.2 Garam Industri

Garam industri merupakan garam yang memiliki kadar Natrium Klorida (NaCl) minimal 96 % dengan kandungan impurities SO₄ (sulfat), Ca (kalsium) dan Mg (magnesium) atau zat pengotor lainnya sangat kecil. Kegunaan dari garam industri ini adalah untuk industri perminyakan, pembuatan soda dan chlor, industri tekstil dan *pharmaceutical salt*. Berikut ini adalah syarat mutu garam industri berdasarkan SNI 0303-2012.

Tabel 2. 3 Syarat Mutu Garam Industri

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Natrium Klorida (NaCl)	%	Min. 96
2.	Bahan yang tidak larut dalam air	%	Maks. 0,05%
3.	Kadar air	%	Maks. 2,5%
4.	Zat pengotor:		
	Kadar kalsium (Ca)	%	Max. 0,1
	Kadar magnesium (Mg)	%	Maks. 0,05
	Kadar Sulfat (SO ₄)	%	Maks. 0,2%
5.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1

Sumber : (BSN, 2012)

II.2.3 Garam Farmasi

Salah satu jenis garam yang memiliki kualitas paling tinggi. Jenis garam farmasi ini banyak digunakan di berbagai sektor seperti sektor industri sabun dan sampo, industri farmasi untuk campuran bahan pembuatan cairan oralit dan pencuci darah. Berikut ini adalah syarat mutu garam farmasi menurut Farmakope Indonesia VI 2020.

Tabel 2. 4 Syarat Mutu Garam Farmasi

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Natrium Klorida (NaCl)	%	99 – 100,5
2.	pH		Netral
3.	Barium (Ba)		Tidak membentuk kekeruhan
4.	Alumunium (Al)	ppm	< 0.2
5.	Arsen (Asn)	ppm	< 1
6.	Besi (Fe)	ppm	< 2
7.	Besi (III) sianida		Tidak membentuk warna biru
8.	Fosfat	ppm	< 25
9.	Iodida		Tidak membentuk warna biru
10.	Bromida (Br)	ppm	< 100
11.	Kalium (K)	ppm	< 500
12.	Nitrit (NO ₃)	ppm	Absorbansi < 0,01
13.	Kadar air	%	< 0,5

14. Zat pengotor:

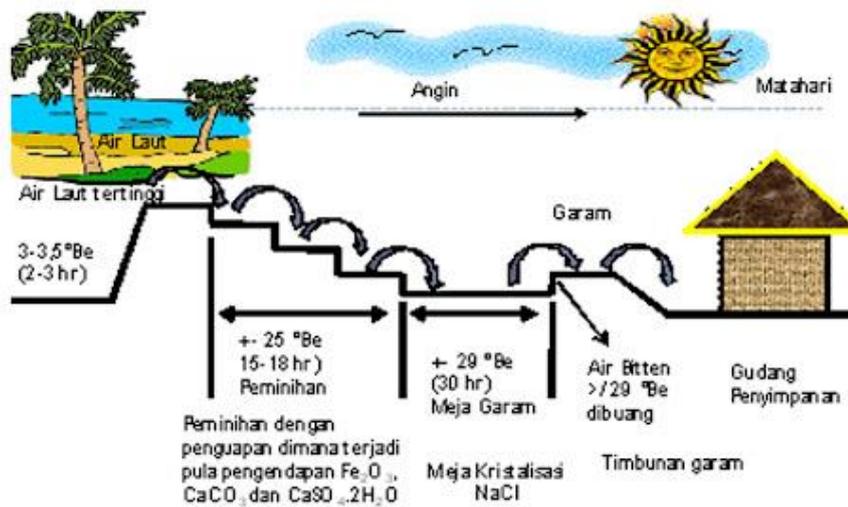
Kadar Kalsium (Ca)	ppm	< 100
Kadar Magnesium (Mg)	ppm	< 100
Kadar Sulfat (SO ₄)	ppm	< 200

Sumber : (Kemenkes, 2020)

II.3 Metode Pembuatan Garam

II.3.1 Metode Solar Evaporation

Proses *solar evaporation* merupakan proses pembuatan garam yang paling tradisional. Proses produksi sangat bergantung pada kondisi iklim serta luas lahan yang digunakan. *Solar evaporation* merupakan proses sebagian kecil dari kristalisasi menggunakan matahari sebagai sumber energi atau menggunakan tenaga surya. Air laut atau brine diubah menjadi keadaan jenuh di kolam terbuka yang besar. Pada kolam kapur yang terdahulu area pengkristalan garam, terbentuk banyak endapan kalsium sulfat. Kemudian, evaporasi lebih lanjut pada area kristalisasi atau pan, hasilnya terbentuk kristal garam yang terakumulasi pada pan kristalisasi. Kecuali untuk kalsium sulfat, unsur dari *brine* selain dari sisa garam pada larutan umumnya akan dibuang sebagai bittern. Hasil garam akan dipanen dengan alat yang disebut alat pemanenan. Garam yang telah dipanen akan dicuci dan ditimbun sebagai persediaan, dan proses lanjutan pada pabrik dengan pengeringan, penghancuran, dan penyaringan. Kemurnian garam yang dihasilkan dengan proses *solar evaporation* yaitu sekitar 77,8% (Dewi & Nisa, 2018).



Gambar 2. 2 Proses Pembuatan Garam dengan Metode *Solar Evaporation*

Sumber : (Adha & Kenici, 2018)

Solar pan merupakan metode yang sering digunakan dalam proses pembuatan garam dengan *raw material* bahan yang digunakan adalah air laut. Dalam menerapkan jenis teknologi ini menggunakan tenaga matahari (*solar evaporation*). Air laut merupakan bahan baku produksi garam dengan proses *solar evaporation*. Konsentrasi air laut dari hasil penguapan secara berurutan yaitu yang pertama proses kristalisasi garam dengan kelarutan yang rendah (CaCO₃, BaSO₄), diikuti NaCl dan yang terakhir garam magnesium. *Saltworkers* menggunakan skala Baume (°Be), untuk mengukur konsentrasi larutan garam. Menurut skala tersebut konsentrasi air laut adalah 3,5 °Be. Kristalisasi CaCO₃ dimulai pada 4,6 °Be dan CaSO₄ pada 13,2 °Be. Kristalisasi NaCl pada 25,7 °Be dan diikuti oleh garam Mg yang mudah larut pada 30 °Be (Korovessis & Lekkas, 2016).

II.3.2 Pencucian dengan *Brine* (Hidroekstraksi)

Metode ini merupakan salah satu proses yang tidak hanya digunakan untuk menghilangkan kotoran (lumpur dan pasir) dan meningkatkan kualitas garam menjadi lebih baik tetapi juga dapat menghilangkan kandungan zat pengotor yang terdapat di dalam garam seperti magnesium, kalsium dan sulfat. Metode ini menggunakan larutan garam jenuh (*brine*) yang digunakan secara berulang kali sebagai proses pencucian garam untuk menghilangkan kotoran yang masih melekat pada garam. Dengan melakukan proses pencucian kadar NaCl yang dihasilkan mencapai kenaikan 5 – 7,5 % atau kadar natrium klorida mencapai 91 – 94%.

Metode pencucian dengan *brine* masih memiliki beberapa kekurangan diantaranya menghasilkan garam yang kualitasnya baik dengan stabilitas iodium rendah hal ini dikarenakan pencucian hanya bertujuan untuk meningkatkan tampilan visual dari garam. Proses pencucian dapat mempengaruhi komposisi garam. Adanya pencucian dengan larutan garam menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi garam maka semakin efektif dalam menghilangkan Mg. (Saksono, 2010).

II.3.3 Metode Kristalisasi

Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan didalam sebuah fasa homogen dengan cara penguapan solven pada proses epeporasi (Fachry, 2008). Kristalisasi merupakan salah satu metode produksi terbaik dan termurah untuk memproduksi, pemurnian atau pemulihan produksi padatan (Mullin, 2001). Proses kristalisasi adalah salah satu produksi pada operasi industri kimia untuk menghasilkan, memurnikan atau memisahkan produk dengan memproduksi padatan partikulat yang diterapkan dalam sektor industri farmasi, kimia, elektronik dan mineral. Fitur karakteristik produknya adalah kemurnian, bentuk polimorfik, bentuk kristal dan CSD (*Crystal size distribution*) dengan faktor seperti proses kristalisasi, teknologi *crystallizer*, dan pengoperasian kondisi (Charcosset et al., 2010). Proses kristalisasi ini dapat terjadi dengan adanya perubahan dan atau komposisi yang dilakukan dengan metode batch dan kontinu dengan proses tangki berpengaduk. Sebagaimana besar proses pengkristalan kontinue dilakukan dengan menggunakan tangki berpengaduk, beroperasi dengan jumlah pencampuran tertentu oleh agitator (Charcosset et al., 2010). Sedangkan untuk proses yang sering digunakan dalam proses kristalisasi adalah proses secara batch (Chabanon et al., 2016). Dalam proses kristalisasi, laju dan tingkat kejenuhan memiliki efek dalam kualitas kristal yang dihasilkan (Charcosset et al., 2010).

Menurut Cahyono (1998), untuk mencapai kondisi supersaturasi pada proses kristalisasi terdiri dari beberapa tahapan umum seperti :

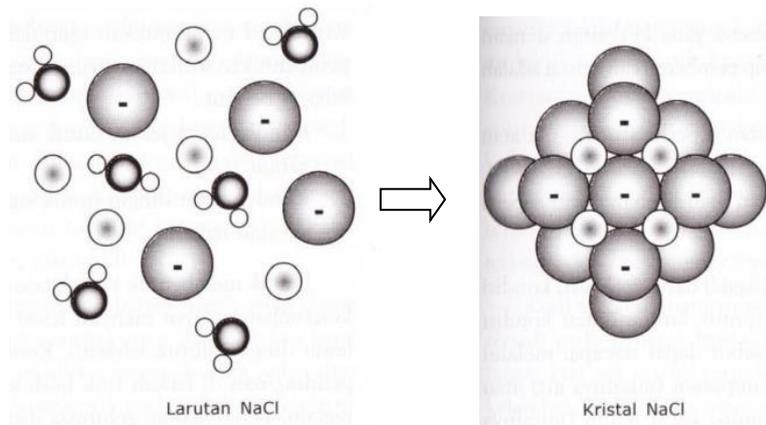
- a) Pendinginan
Larutan yang akan dikristalkan didinginkan sampai terbentuk kristal pada larutan tersebut. Metode ini digunakan untuk zat yang kelarutan mengecil bila suhu diturunkan. Pendinginan dilakukan 2x yaitu pendinginan larutan panas sebelum penyaringan dan pendinginan sesudah penguapan.
- b) Penguapan *Solvent*
Larutan yang dikristalkan merupakan senyawa campuran antara solven dan solut. yang dikristalkan merupakan senyawa campuran antara solven dan solut. Setelah dipanaskan maka solven menguap dan yang tertinggal hanya kristal. Metode ini digunakan bila penurunan suhu tidak begitu mempengaruhi kelarutan zat pada pelarutnya. Penguapan bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalisir solvent atau zat pelarut sisa yang terdapat pada filtrat.
- c) Evaporasi Adiabatik
Metode ini digunakan dalam ruang vakum, larutan dipanaskan, dimasukkan dalam tempat vakum yang mana tekanan total lebih rendah dari tekanan uap solvenya.

Pada suhu saat larutan dimasukkan ke ruang vakum solven akan menguap dengan cepat dan penguapan itu akan menyebabkan pendinginan secara adiabatik.

d) *Salting Out*

Prinsipnya adalah menambah suatu zat untuk mengurangi zat yang akan dikristalkan. Pengeluaran garam dari larutan dengan zat baru ke dalam larutan bertujuan menurunkan daya larut solven terhadap suhu pada pengatur tersebut.

Pembentukan kristal dilakukan dengan dua proses yaitu tumbuhnya partikel baru (nukleasi) pada ukuran mikroskopis dan pertumbuhan sampai ukuran makroskopis. Potensi yang mendorong terjadinya pertumbuhan ini adalah tingkah kejenuhan pada larutan garam. Pertumbuhan kristal adalah proses difusi yang dimodifikasi oleh pengaruh permukaan tempat pertumbuhan terjadi (*Rawajfeh, 2014*).

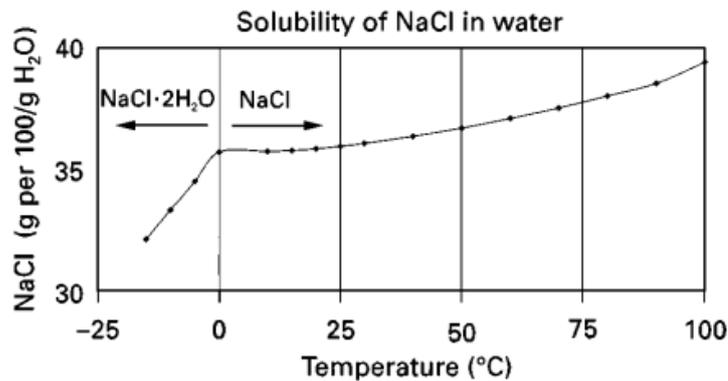


Gambar 2. 3 Mekanisme Pembentukan Kristal

Sumber : (*Rawajfeh, 2014*)

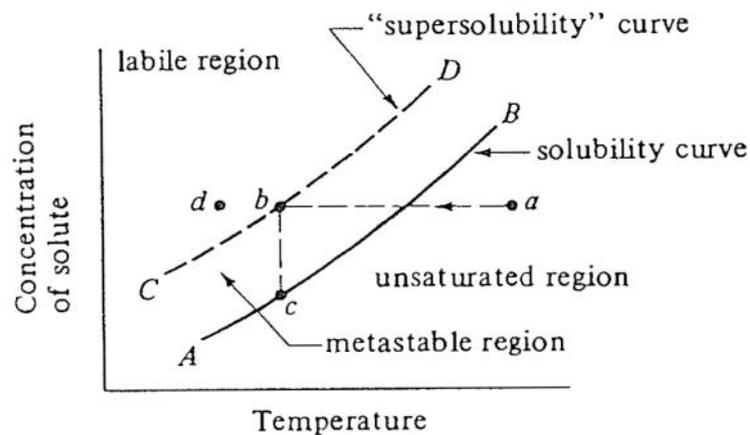
Pada proses pembuatan garam terdapat beberapa langkah proses salah satunya adalah proses kristalisasi dengan menguapkan air laut dan pemisahan garam dengan kristalisasi. Beberapa zat yang dikristalkan mengandung beberapa macam zat tidak hanya Natrium Klorida (NaCl) melainkan ada beberapa zat pengotor (*impurities*) terbawa. Untuk meningkatkan kualitas garam yang dihasilkan maka diperlukan proses penambahan treatment menggunakan karbonat untuk mengendapkan magnesium, sulfat dan kalsium untuk membentuk kristal garam dengan kemurnian tinggi pada NaCl . Untuk sampel air laut $3,5\text{ }^\circ\text{Be}$ proses kristalisasi dilakukan secara bertahap untuk mencapai $25\text{ }^\circ\text{Be}$. Umumnya proses kristalisasi dapat terjadi pada nilai $7,1\text{ }^\circ\text{Be}$. Namun adanya pengendapan senyawa magnesium sehingga membentuk gipsum tidak dapat dihindari saat air laut mencapai $26,2\text{ }^\circ\text{Be}$ oleh karena itu diperlukan proses pencucian untuk menghilangkan zat pengotor tersebut (*Ihsan et al., 2002*).

Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam mempercepat terbentuknya proses kristalisasi adalah konsentrasi dan pemilihan jenis bahan kimia akan berpengaruh terhadap jenis bahan kimia pengikat *impurities* (*Sumada et al., 2018*), suhu udara yang tinggi dapat mempercepat penguapan air sehingga proses kristalisasi menjadi semakin cepat (*Mashuri et al., 2021*). Selain itu, menurut literatur (*Yao et al., 2022*) mengatakan bahwa adanya laju nukleasi mempengaruhi periode terjadinya kristalisasi sehingga untuk menghasilkan efisiensi kristalisasi yang tinggi diperlukan pelarut yang sesuai untuk mencapai terjadinya nukleasi (*Yao et al., 2022*). Sedangkan untuk faktor penghambat terjadinya kristalisasi adalah perubahan cuaca seperti air hujan dan suhu udara dapat mempengaruhi jalannya produksi dikarenakan tidak terjadi penguapan akibat intensitas panas untuk proses berkurang (*Mashuri et al., 2021*).



Gambar 2. 4 Solubility dari NaCl di Pelarut Air
 Sumber: (Perry 8th, 2008)

Prinsip dasar dari proses kristalisasi adalah perbedaan kelarutan antara zat yang akan dimurnikan dengan zat pengotornya (Pinalia, 2011). Dalam proses kristalisasi terdapat 3 tahapan utama yaitu *supersaturated state*, *nucleation*, dan pertumbuhan partikel. Larutan akan dipanaskan hingga mencapai kondisi larutan lewat jenuh yang kemudian akan terjadi pembentukan inti kristal primer dari larutan jenuh tersebut. Dalam nukleasi, beberapa ion, atom, atau molekul bersatu membentuk padatan yang stabil. Padatan kecil ini dikenal sebagai inti. Ketika inti ini terpapar lebih jauh ke ion, atom atau molekul, nukleasi tambahan atau pertumbuhan partikel lebih lanjut dapat terjadi. Jika nukleasi terus berlangsung akan dihasilkan matriks kristal yang lebih besar (Underwood, 1996). Nukleasi adalah konsekuensi dari reaksi cepat fluktuasi pada skala molekuler dalam fase homogen berada dalam fase kesetimbangan.



Gambar 2. 5 Diagram Fase Transisi Larutan dan Padatan pada Kondisi Lewat Jenuh
 Sumber : (Apriani, 2018)

Menurut (Apriani, Wahyono Hadi, et al., 2018), fase transisi larutan dan padatan dapat terjadi pada 3 (tiga) zona yaitu:

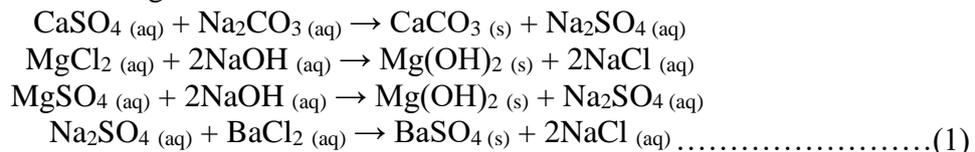
1. *Undersaturated*, berada di zona stabil, yaitu konsentrasi molar ion senyawa lebih rendah dari kelarutannya, sehingga kristal tidak terbentuk.
2. *Metastabil*, berada pada zona metastabil yaitu konsentrasi molar ion senyawa sama dengan kelarutannya, sehingga larutan telah mengalami proses saturasi. Namun, nukleasi spontan tidak terjadi, sehingga di zona ini dapat ditambahkan bahan benih untuk memicu pembentukan kristal.

3. *Oversaturated / supersaturated*, berada pada zona labil, yaitu konsentrasi molar ion senyawa telah melebihi nilai kesetimbangan sehingga dapat terbentuk nukleasi spontan.

II.4 Proses Pemurnian Air Garam

Di Indonesia, garam yang diproduksi oleh petani garam dikenal sebagai garam rakyat atau garam krosok. Produksi garam krosok saat ini sekitar 70% dari seluruh produksi nasional. Namun rendahnya mutu garam rakyat yang dihasilkan tidak cukup memenuhi persyaratan kadar garam meja dan jenis garam industri. Oleh karena itu, diperlukan proses pemurnian garam rakyat untuk mencapai kualitas garam meja dan garam industri. Proses pemurnian ini dilakukan dengan mengurangi senyawa pencemar dan meningkatkan kandungan NaCl (*Ihsan et al., 2002*). Untuk meningkatkan kualitas garam dapur dapat dilakukan dengan cara kristalisasi bertingkat, rekristalisasi, dan pencucian garam. Cara lain untuk meningkatkan kualitas garam adalah pemurnian dengan penambahan bahan pengikat pengotor. Tanpa adanya proses pemurnian, maka garam yang dihasilkan melalui penguapan air laut masih bercampur dengan senyawa lain yang terlarut, seperti MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄, CaCO₃ dan KBr, KCl dalam jumlah kecil (*Sulistyaningsih et al., 2010*).

Secara umum adanya peningkatan kualitas garam dapat dilakukan pada bahan baku, sarana produksi, dan *treatment* sebelum menjadi produk. Peningkatan kualitas garam untuk menghilangkan zat pengotor dapat dilakukan dengan *treatment* menggunakan bahan kimia dan pengendapan bertahap berdasarkan proses filtrasi. Beberapa senyawa yang dapat digunakan seperti natrium karbonat (Na₂CO₃), natrium hidroksida (NaOH), dan barium klorida (BaCl₂) dengan menggunakan beberapa proses pengolahan baik secara fisika maupun kimia (*Sumada et al., 2018*). Senyawa natrium karbonat ditambahkan untuk mengendapkan Ca menjadi CaCO₃, natrium hidroksida ditambahkan untuk mengendapkan Mg menjadi Mg(OH)₂, dan barium klorida ditambahkan ke dalam larutan untuk menutupi kelebihan ion SO₄ dan memberikan lebih banyak ion Cl yang akan mengendapkan garam sulfat menjadi bentuk barium sulfat (BaSO₄) (*Ihsan et al., 2002*). Semua senyawa yang terbentuk tersebut akan mengendap sehingga dapat dipisahkan dengan penyaringan biasa (*Underwood, 1996*). Reaksi kimia dari *chemical treatment* ini dapat ditulis sebagai berikut :



Menurut Widoretno & Ningtyas (2014), dalam proses produksi garam yang dihasilkan kualitas garam menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan klasifikasi garam dengan mutu baik. Kualitas garam ini berhubungan dengan jumlah kandungan natrium klorida (NaCl) dan kandungan air yang terdapat dalam garam. Berikut ini adalah perbandingan kualitas garam:

Tabel 2. 5 Kualitas Garam Berdasarkan Kandungan NaCl

Kualitas	Kandungan NaCl	Kandungan Air
Kualitas I	NaCl > 98%	Kandungan air maksimum 4%
Kualitas II	94,4 % < NaCl < 98%	Kandungan air maksimum 5%
Kualitas III	NaCl < 94%	Kandungan air > 5%.

Sumber : (*Widoretno & Ningtyas, 2014*)

II.5 Bahan Untuk Pemurnian

Bahan pengikat pengotor merupakan jenis zat yang digunakan untuk menghilangkan dan mengikat adanya zat-zat yang tidak diperlukan dalam suatu produk. Berikut ini adalah sifat

bahan yang digunakan untuk menghilangkan zat pengotor (sulfat, kalsium dan magnesium) yang dikandung dalam garam.

II.5.1 Natrium Karbonat (Na_2CO_3)

Natrium karbonat merupakan jenis penghilang zat pengotor yang digunakan untuk menghilangkan kandungan kalsium.



Gambar 2. 6 Natrium Karbonat (Na_2CO_3)

Sumber: (Ihsan et al., 2002)

Nama Lain	: Kristal Karbonat, Soda Ash dan Washing Soda.
Rumus Kimia	: Na_2CO_3
Berat Molekul	: 105,99 g/mol
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Bentuk	: Kristal
pH	: 11,16
Titik didih	: 1600°C
Melting Point	: 856°C
Densitas	: $2,53 \text{ g/cm}^3$

II.5.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

Penambahan natrium klorida adalah untuk mengendapkan kandungan Magnesium yang terdapat dalam air laut. Penambahan NaOH dapat menghilangkan kandungan magnesium yang menghasilkan rasa pahit pada garam.



Gambar 2. 7 Natrium Hidroksida (NaOH)

Sumber: (Ihsan et al., 2002)

Nama Lain	: Caustik Soda
Rumus Kimia	: NaOH
Berat Molekul	: 40 g/mol
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Bentuk	: Padatan
pH	: > 14

Titik didih	: 1390°C
Titik lebur	: 319 – 322 °C
Densitas	: 2,13 g/cm ³
Kelarutan dalam air	: 1,090 g/L

II.5.3 Barium Klorida (BaCl₂)

Penambahan barium klorida adalah untuk mengendapkan kandungan sulfat yang terdapat dalam air laut. Penambahan BaCl₂ dapat membentuk endapan BaSO₄ hasil dari reaksi antara SO₄ dan BaCl₂.



Gambar 2. 8 Barium Klorida (BaCl₂)

Sumber: (*Ihsan et al., 2002*)

Nama Lain	: -
Rumus Kimia	: BaCl ₂
Berat Molekul	: 208,25 g/mol
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Bentuk	: Padatan
pH	: 0,8
Titik didih	: 1560°C
Titik lebur	: 963 °C
Densitas	: 3,856 g/cm ³
Kelarutan dalam air	: 375 g/L

II.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah perbandingan penelitian terdahulu berdasarkan proses atau metode yang digunakan untuk mengolah air laut dan garam rakyat menjadi garam industri.

Tabel 2. 6 Perbandingan Penelitian

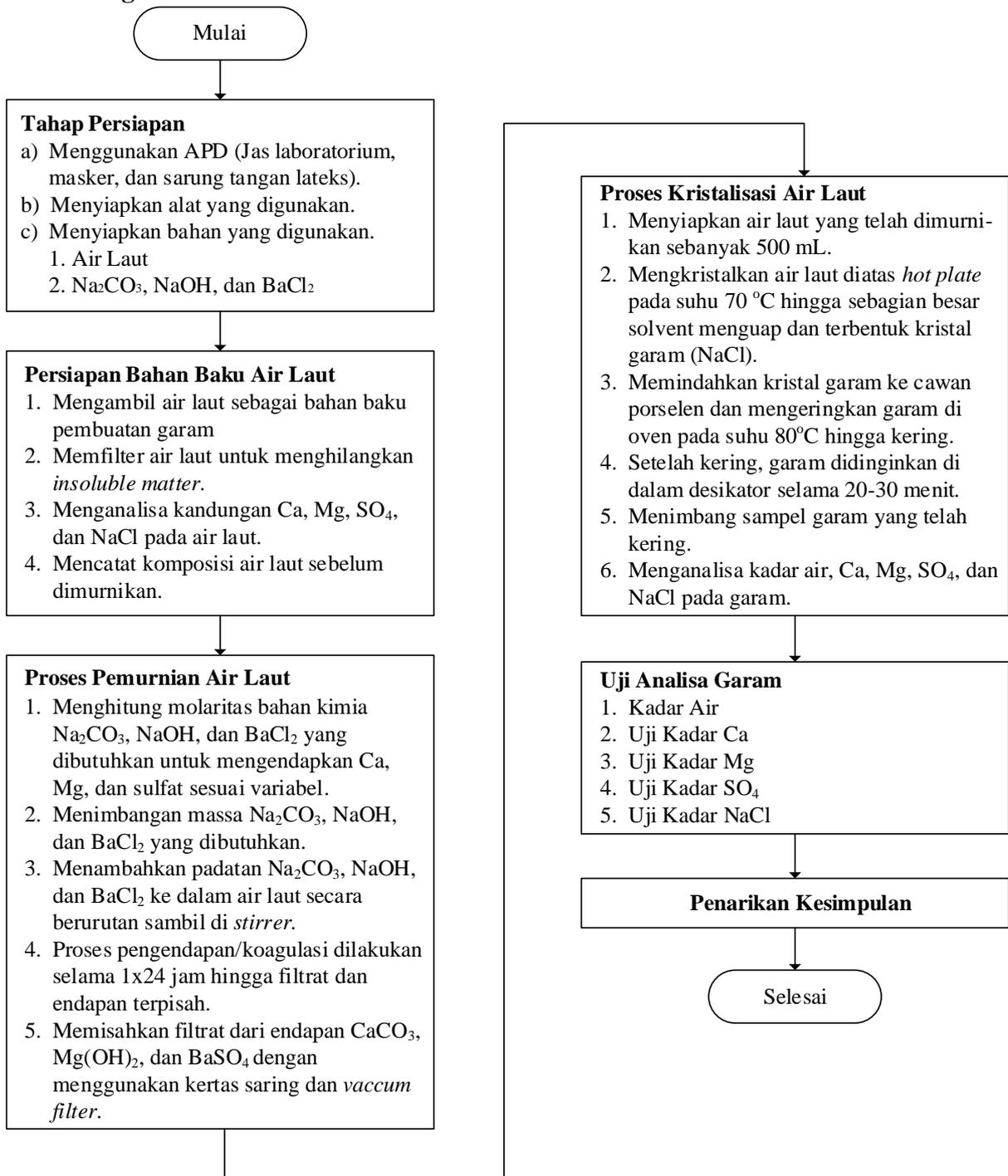
Penulis	Bahan	Metode	Produk	Hasil
(Arifin, 2011)	Brine (Air laut)	Proses <i>Open Pan</i> disebut proses <i>Grainer</i>	Garam Industri	Pencucian menggunakan brine dengan bahan baku air laut menghasilkan kadar NaCl sebesar 98.5-99.4%.
(Sumada & Dewati, 2016)	Air laut (Sea water salt)	Metode Proses Hydroekstrasi	Garam Industri	Pada proses hydroekstraksi garam adalah 98,5% kadar NaCl dengan kadar magnesium 0,01%; kandungan sulfat 0,12% dan kadar kalsium 0,07%.
(Fitryawati, 2021).	Air Laut	Proses <i>Vacuum Pan</i>	Garam Industri	Proses pemisahan garam dan penambahan kandungan yodium menghasilkan kadar Yeild sebesar 99.8%
(Widoretno, 2014)	Air Laut	Proses <i>Sedimentation</i> <i>Microfiltration</i>	Garam Industri	Menghasilkan produk NaCl dengan kadar sebesar 99.5 %.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Desain Proyek

III.1.1 Diagram Alir



III.1.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Air Laut
2. Aquades
3. Na_2CO_3
4. NaOH
5. BaCl_2
6. HCl
7. Larutan *buffer* amoniak pH 10
8. Indikator EBT
9. EDTA 0,05N
10. NaOH 4N
11. Indikator *calcon*
12. Indikator K_2CrO_4
13. AgNO_3 0,1 N

III.1.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan
1.	Baume meter	1	Unit
2.	<i>Beaker Glass</i> 250 mL	3	Unit
3.	<i>Beaker Glass</i> 2000 mL	3	Unit
4.	Buret dan Statif	2	Unit
5.	Cawan Porselen	2	Unit
6.	Corong	2	Unit
7.	Erlenmeyer 250 mL	3	Unit
8.	Gelas Ukur 100 mL	1	Unit
9.	<i>Hot Plate and Stirrer</i>	1	Unit
10.	<i>Indikator Universal</i>	1	Unit
11.	Kaca Arloji	3	Unit
12.	Kertas Saring Whatman 42	3	Lembar
13.	Labu Ukur 100 mL	4	Unit
14.	Labu Ukur 500 mL	4	Unit
15.	<i>Magnetic Stirrer</i>	1	Unit
16.	Pipet Tetes	1	Unit
17.	Pipet Volumetrik	2	Unit
18.	Spatula	1	Unit

III.1.4 Variabel Penelitian

Variabel Tetap : Penambahan Na_2CO_3 dan BaCl_2 sesuai stoikiometri.

Variabel Bebas : Mol NaOH yaitu 0 (larutan blanko); 1; 2; dan 3 kali dari mol Mg menurut stoikiometri.

Variabel Terikat : Kadar Air, kandungan Ca, Mg, SO_4 , dan NaCl pada sampel garam.

III.1.5 Prosedur Penelitian

A. Proses Persiapan Bahan Baku Air Laut

1. Mengambil air laut sebagai bahan baku pembuatan garam
2. Memfilter air laut untuk menghilangkan *insoluble matter*.
3. Menganalisa kandungan Ca, Mg, SO₄, dan NaCl pada air laut.
4. Mencatat komposisi air laut sebelum dimurnikan.

B. Proses Pemurnian Air Laut dengan Penambahan Na₂CO₃, NaOH, dan BaCl₂

1. Menghitung molaritas bahan kimia Na₂CO₃, NaOH, dan BaCl₂ yang dibutuhkan untuk mengendapkan Ca, Mg, dan sulfat sesuai variabel.
2. Menimbang massa Na₂CO₃, NaOH, dan BaCl₂ yang dibutuhkan.
3. Menambahkan padatan Na₂CO₃, NaOH, dan BaCl₂ ke dalam air laut secara berurutan sambil di *stirrer*.
4. Proses pengendapan/koagulasi dilakukan selama 1x24 jam hingga filtrat dan endapan terpisah.
5. Memisahkan filtrat dari endapan CaCO₃, Mg(OH)₂, dan BaSO₄ dengan menggunakan kertas saring dan *vaccum filter*.

C. Proses Kristalisasi Air Laut menjadi Garam

1. Menyiapkan air laut yang telah ditreatment sebanyak 500 mL.
2. Mengkristalkan air laut diatas *hot plate* pada suhu 70 °C hingga sebagian besar *solvent* menguap dan terbentuk kristal garam.
3. Memindahkan kristal garam ke cawan porselen dan mengeringkan garam di oven pada suhu 80°C hingga kering.
4. Setelah kering, garam didinginkan di dalam desikator selama 20-30 menit.
5. Menimbang sampel garam yang telah kering.
6. Menganalisa kadar air, Ca, Mg, SO₄, dan NaCl pada garam.

III.1.6 Uji Analisa Garam Menurut SNI 0303-2012

A. Analisa Kadar Air

Analisa kadar air menggunakan prinsip *loss on drying* yaitu kadar air dihitung berdasarkan bobot yang hilang selama pemanasan pada suhu 110°C.

1. Menimbang cawan kosong (W₀)
2. Menimbang cawan + sampel 5 gr (W₁).
3. Memanaskan cawan yang telah terisi sampel tersebut dimasukkan ke dalam oven suhu 110 °C selama 2 jam.
4. Mendinginkan cawan + sampel dalam desikator 20-30 menit atau hingga mencapai suhu ruang
5. Menimbang cawan + sampel setelah pemanasan (W₂).

$$\text{Kadar Air} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100\%$$

.....(2)

B. Analisa Kadar Ca

Untuk analisa kadar Ca dalam garam menggunakan metode kompleksometri dengan EDTA sebagai titran.

1. Mengambil sampel 10 mL secara kuantitatif.
2. Memasukkan sampel ke erlenmeyer 250 mL.
3. Menambahkan aquadest hingga 100 mL.
4. Menambahkan 5 mL larutan NaOH 4 N.

- Menambahkan 1 spatula indikator calcon.
- Dititrasi dengan larutan EDTA 0,05 N sampai warna merah menjadi keunguan.
- Jika kadar Ca terlalu kecil, pengujian bisa diulang dengan menambah volume sampel yang akan diuji.

$$\text{Kadar Ca (\%wb)} = \frac{(V \text{ mL} \times N \text{ EDTA} \times fp \times \text{BM Ca})}{w \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Ca (\%db)} = \text{kadar Ca (wb)} \times \frac{100}{(100 - \text{kadar air})} \dots\dots\dots(3)$$

C. Analisa Kadar Mg + Ca

Analisa kadar Mg menggunakan metode kompleksometri dengan EDTA sebagai titran dan indikator EBT sebagai petunjuk.

- Mengambil sampel 10 mL secara kuantitatif.
- Memasukkan sampel ke erlenmeyer 250 mL.
- Menambahkan aquadest hingga 100 mL.
- Menambahkan larutan buffer amoniak pH 10 sebanyak 5 mL.
- Menambahkan indikator EBT sebanyak 3 tetes.
- Menitrasi dengan larutan EDTA 0,05 N sampai warna merah menjadi hijau.

$$\text{Kadar Mg (\%wb)} = \frac{(V \text{ mL} \times N \text{ EDTA} \times fp \times \text{BM Mg})}{w \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Mg (\%db)} = \text{kadar Mg (wb)} \times \frac{100}{(100 - \text{kadar air})} \dots\dots\dots(4)$$

D. Analisa Kadar Sulfat (SO₄)

Untuk analisa kadar SO₄ dalam garam menggunakan metode gravimetri dengan penambahan BaCl₂ untuk memicu terbentuknya endapan barium sulfat.

- Menimbang sampel garam 10 gram dan dilarutkan dengan aquadest dalam labu ukur 500 ml (larutan A).
- Menambahkan 2 ml HCl dan dipanaskan hingga mendidih.
- Menambahkan 20 ml larutan BaCl₂ lalu dидiamkan hingga dingin.
- Menyaring endapan dengan menggunakan kertas saring whatman 42.
- Memasukkan endapan yang terbentuk beserta kertas saring ke dalam cawan porselen yang sebelumnya telah ditimbang.
- Memanaskan endapan dalam oven pada suhu 110°C selama 120 menit.
- Mendinginkan endapan dalam desikator selama 20-30 menit atau hingga dingin,
- Menimbang endapan sebagai berat akhir.

$$\text{Kadar SO}_4 (\%) = \frac{\text{Berat endapan BaSO}_4 \times 0,41158}{W \text{ sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

E. Analisa Kadar NaCl

Analisa kadar NaCl pada garam menggunakan metode argentometri dengan pembentukan endapan AgCl menggunakan titran AgNO₃ dan indikator K₂CrO₄.

- Menimbang sampel garam 50 gram dan dilarutkan dengan aquadest dalam labu ukur 500 ml (larutan A).
- Mengambil 2 ml larutan A dengan pipet volumetrik ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- Mengencerkan larutan A dengan aquades hingga batas 100 ml.
- Menambahkan 1 ml larutan K₂CrO₄ 5% kemudian diaduk.

5. Menitrasi larutan dengan larutan AgNO₃ 0,1 N hingga berubah warna menjadi merah bata.

$$\text{Kadar NaCl (\% wb)} = \frac{(V \text{ AgNO}_3 \times N \text{ AgNO}_3 \times f_p \times 58,5)}{W \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar NaCl adbk (\%)} = \text{kadar NaCl} \times \frac{100}{(100 - \text{kadar air})}$$

.....(6)

III.2 Rencana Jadwal Proyek

Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Proyek

No	Jenis Kegiatan	Bulan					
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
1.	Pembelajaran Studi Literatur	■	■				
2.	Penyusunan Draft Seminar Proposal		■				
3.	Bimbingan Dosen Pembimbing	■	■	■	■		
4.	Seminar Proposal			■			
5.	Revisi Proposal			■	■		
6.	Penelitian Skala Laboratorium		■	■	■	■	■
7.	Penyusunan Laporan		■	■	■	■	■
8.	Bimbingan Proposal				■	■	■
9.	Progres Inforgrafis					■	■
10.	Sidang Tahap Akhir						■

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Analisa Air Laut

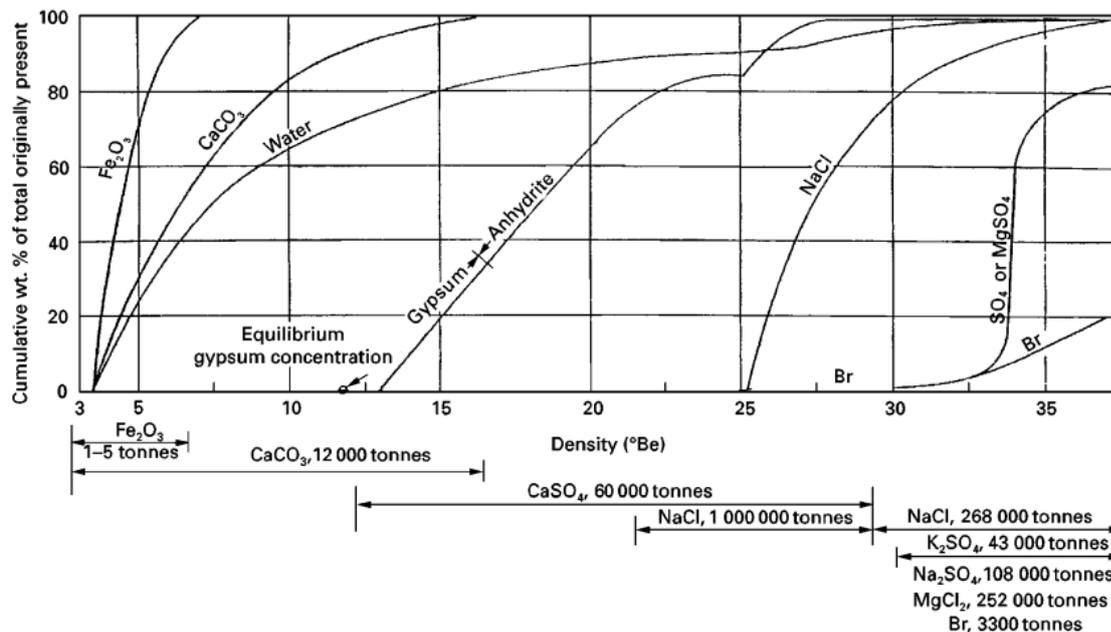
Bahan baku yang digunakan sebagai bahan baku proses pembuatan garam pada penelitian ini adalah air laut. Hasil dari analisa air laut ini terdiri dari beberapa komponen senyawa berupa NaCl, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄, H₂O dan beberapa senyawa lainnya dengan tujuan untuk mengetahui kadar dari tiap komponen. Pada hasil analisa komponen air laut menurut Krik-Othmer (1967), sebagian besar komponen terdiri atas air sebanyak 96,58%, kadar NaCl sebanyak 2,76% dan beberapa senyawa lainnya.

Dalam proses pembuatan garam, mengetahui jumlah kadar pada tiap komponen sangat penting untuk membantu menentukan kebutuhan *chemical treatment* untuk meningkatkan kualitas garam yang sesuai dengan SNI. Berikut ini merupakan perbandingan hasil analisa air laut 3,5°Be terhadap literatur:

Tabel 4.1 Perbandingan Unsur Utama Air Laut 3,5°Be dengan Literatur

Komposisi Hasil Analisa Air Laut	Massa Jenis 3.5°Be	Massa Jenis (Muslimawati & Diniari, 2021)
Komponen	% Berat	% Berat
NaCl	2,96	2,76
Mg	0,0216	0,32
SO ₄	0,0111	0,22
Ca	0,0450	0,12
H ₂ O	96,9623	96,58
Total	100,00	100,00

Dari **Tabel 4. 1** menunjukkan hasil analisa pada air laut 3,5°Be tidak jauh berbeda dengan literatur komposisi air laut dari literatur Muslimawati & Diniari (2021). Perbedaan komponen pada air laut ini dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor seperti lokasi daerah berbeda, curah hujan tinggi yang dapat mengakibatkan kadar NaCl menurun sehingga mengacaukan siklus produksi garam serta adanya pengaruh tingginya pergerakan kecepatan arus yang berperan penting dalam proses penyebaran salinitas pada air laut (*Indrayana et al., 2014*). Tingkat penguapan air laut bergantung terutama pada kelembaban udara, kecepatan angin, dan panas matahari (*Shreve, 1977*). Peningkatan salinitas ini dapat terjadi dikarenakan terdapat proses penguapan air (evaporasi) yang bertujuan untuk mengurangi volume air sehingga konsentrasi kadar garam terlarut didalamnya meningkat (*Rukminasari et al., 2014*).



Gambar 4. 1 Pengaruh Densitas ($^{\circ}\text{Be}$) Air Laut Terhadap Pembentukan Garam Selama Proses Evaporasi
 Sumber: (Geertman, 2000)

Pada **Gambar 4. 1** menunjukkan bahwa proses kristalisasi terhadap densitas ($^{\circ}\text{Be}$). Menurut Usiglio (1849), Proses pembentukan kristal dimulai saat air laut mencapai $3,5^{\circ}\text{Be}$ terjadi penguapan air laut dengan volume air yang tersisa mencapai 50%. Pada titik ini karbonat minor mulai membentuk, terjadi sedikit oksidasi besi diendapkan dan sejumlah mineral karbonat terbentuk. Proses pembentukan yang terjadi sebagian kecil dari Fe_2O_3 , CaCO_3 (Calcite), dan air. Pada $13,2^{\circ}\text{Be}$ volume air yang tersisa 20% serta terjadinya proses pembentukan gypsum ($< 42^{\circ}$) dan anhydrite ($> 42^{\circ}$) bergantung pada suhu, tekanan, dan salinitas air laut. Pembentukan gipsium terjadi apabila air laut 80% - 90% dimana air laut telah menguap. Pada konsentrasi $25,7^{\circ}\text{Be}$ mulai terjadi proses kristalisasi NaCl dengan volume air yang tersisa mencapai 10%. Endapan halite garam mulai terjadi apabila 86% - 94% dari air laut dengan pengendapan lapisan garam menyediakan sekitar tiga perempat dari semua garam yang digunakan. Pada saat air laut mencapai konsentrasi 30°Be dimana terjadi penguapan air yang tersisa sebesar 5% dengan penguapan air mencapai 94% (Usiglio, 1849).

Proses pemurnian air laut ini menggunakan penambahan senyawa berupa Natrium Karbonat (Na_2CO_3), Natrium Hidroksida (NaOH), dan Barium Klorida (BaCl_2). Menurut Ihsan *et al.* (2002) penambahan *Sodium Carbonate* (Na_2CO_3) untuk menghilangkan kadar Ca dalam air laut. Ion CO_3 akan mengikat pengotor Ca dan menghasilkan CaCO_3 yang mudah dihilangkan dari larutan dengan cara presipitasi. Penambahan NaOH ini bertujuan untuk mengurangi kandungan Mg, senyawa ini akan bereaksi dengan magnesium (Mg) sehingga membentuk $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Sedangkan Barium Klorida (BaCl_2) digunakan untuk mengurangi SO_4 yang terdapat dalam kandungan air laut sehingga menghasilkan endapan BaSO_4 . Dengan melakukan penambahan senyawa kimia berupa natrium hidroksida, natrium karbonat dan barium klorida dapat menghilangkan konsentrasi ion Ca, Mg, dan SO_4 .

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Massa Na_2CO_3 , NaOH , dan BaCl_2 untuk Memurnikan Sampel Air Laut

Jenis Variabel	Massa Na_2CO_3 (gr)	Massa NaOH (gr)	Massa BaCl_2 (gr)	Densitas ($^\circ\text{Be}$)
A	0	0	0	3,5*
B		0		5**
C	1,2192	0,3636	0,2470	5**
D		0,7272		5**
E		1,0907		5**

*konsentrasi air laut tanpa penambahan senyawa kimia

**konsentrasi air laut dengan penambahan senyawa kimia

Keterangan : Variabel A adalah garam dari air laut tanpa penambahan bahan kimia; Variabel B untuk larutan blanko (tanpa penambahan senyawa NaOH); Variabel C (mol $\text{NaOH} = 1 \times \text{mol Mg}$); Variabel D (mol $\text{NaOH} = 2 \times \text{mol Mg}$); Variabel E (mol $\text{NaOH} = 3 \times \text{mol Mg}$).

Dari **Tabel 4. 2**, pada konsentrasi air laut yang dihasilkan memiliki nilai $^\circ\text{Be}$ mulai dari 3-5 $^\circ\text{Be}$. Hal ini sesuai dengan Literatur (*Apriani, Hadi, et al., 2018*) menyatakan bahwa pada tahapan awal air laut memiliki Be rendah (0 - 5) $^\circ\text{Be}$ disebut air muda. Sehingga untuk menghasilkan garam harus melalui beberapa proses untuk meningkatkan nilai $^\circ\text{Be}$ pada larutan garam (*Apriani, Wahyono Hadi, et al., 2018*).

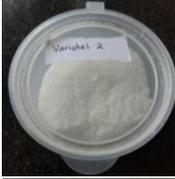
IV.2 Hasil Analisa pada Produk Garam

Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan bahan baku air laut sebanyak 500 ml. Setelah itu kedalam larutan ditambahkan Na_2CO_3 , NaOH , dan BaCl_2 . Penambahan dilakukan secara berurutan dengan diaduk. Menurut literatur (Mullin, 2001), suhu referensi standar yang digunakan dalam proses penambahan variabel untuk penambahan senyawa Na_2CO_3 , NaOH , dan BaCl_2 adalah 25°C . Larutan kemudian didiamkan selama 24 jam sampai mengendap sempurna lalu disaring dan dipisahkan antar endapan dan larutan garam (brine) menggunakan *vacuum filter*. Setelah itu larutan garam (brine) dikristalisasi hingga sebagian besar solvent menguap dan terbentuk kristal NaCl . Dalam proses kristalisasi kondisi operasi yang terjadi sebenarnya adalah bervariasi sesuai dengan sifat dari zat dan pelarut yang mengkristal, kejenuhan optimum dan gerakan dari larutan. Proses kristalisasi pada penelitian ini menggunakan suhu 70°C . Menurut Sri Rejeki (2020), proses kristalisasi air brine dengan suhu 70°C sangat efektif untuk menghasilkan produk garam dengan kadar NaCl tinggi. Kristal garam hasil kristalisasi tersebut kemudian dikeringkan dengan suhu 80°C selama 4 jam. Kemudian kristal garam dilakukan uji analisa kadar air, Ca , Mg , SO_4 , dan NaCl di laboratorium.

Berikut ini adalah tabel data garam hasil kristalisasi berupa massa endapan, massa garam, dan kadar air yang dihasilkan dari proses kristalisasi air laut $3,5^\circ\text{Be}$.

Tabel 4. 3 Data Garam Hasil Kristalisasi Air Laut $3,5^\circ\text{Be}$

Variabel	Gambar Produk	Massa Endapan (gr)	Massa Garam (gr)	Kadar Air (%)	Derajat Putih
A		0	9,96	5,20%	41,3

B		0,879	12,224	2,96%	51,2
C		1,838	12,366	2,08%	52,3
D		2,522	13,959	1,59%	66,4
E		3,156	14,251	1,39%	53,1

Dari **Tabel 4. 3** terlihat perbedaan massa garam yang dihasilkan dari proses kristalisasi. Terlihat terjadi peningkatan secara fluktuatif pada variabel A hingga variabel 3 dan mengalami penurunan pada variabel ke 4. Pada saat variabel A massa garam yang dihasilkan adalah 9,96 gram; variabel B massa garam yang dihasilkan adalah 12,224 gram; variabel C massa garam yang dihasilkan adalah 12,366 gram; variabel D massa garam yang dihasilkan adalah 13,959 gram; dan variabel E massa garam yang dihasilkan adalah 14,251 gram.

Pengaruh perbedaan massa garam yang dihasilkan dipengaruhi oleh derajat Be, semakin besar °Be dari air laut maka massa garam yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan °Be menunjukkan tingkat kepekatan dari air laut sehingga semakin besar maka semakin banyak endapan garam yang akan dihasilkan (*Gustiawati, 2016*).

Menurut Kassedde (2014), kualitas dan jumlah garam yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan kimia atau komposisi air laut sebagai bahan baku. Untuk endapan dihasilkan dari proses filtrasi setelah dilakukan penambahan variabel senyawa (Na_2CO_3 , NaOH , BaCl_2) pada proses pemurnian larutan garam. Pada tabel diatas menunjukkan bahwa semakin besar penambahan senyawa kimia maka nilai maka semakin banyak endapan zat pengotor yang dihasilkan. Hasil endapan ini timbul setelah dilakukan proses sedimentasi disertai pemisahan antara garam larut dengan zat impuritisnya selama 2-3 hari, lama waktu pemisahan hal ini dilakukan agar zat impuritis benar-benar mengendap. Impuritis bereaksi dengan ion hidroksil (OH^-) sehingga membentuk endapan putih $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan MgOH_2 (*Murni et al., 2011*).

Untuk tingkat kadar air, tiap variabel memiliki tingkat kadar air berbeda mulai dari 0% hingga 3%. Perbedaan kadar air di tiap variabel ini terjadi dipengaruhi oleh temperatur, iklim dan cuaca saat proses pembuatan (*Soesilowati & Garam, 2013*). Semakin tinggi kemurnian NaCl yang dihasilkan maka kadar air yang dihasilkan pada kristal garam akan semakin rendah, apabila kadar air yang dihasilkan tinggi garam akan terkesan lebih basah. Pada standar SNI untuk garam konsumsi memiliki tingkat kadar air sebesar 5%; garam industri maksimal 2,5 %; dan garam farmasi sebesar $< 0,5\%$.

Pada pengukuran derajat putih pada garam dilakukan untuk menunjukan bahwa produk garam dari sampel variabel D memiliki derajat putih paling tinggi yaitu sebesar 66,4%. Menurut Afriwanty (2008) derajat putih pada suatu bahan atau produk dipengaruhi oleh tingkat pencucian dan penyaringan larutan sebelum menjadi produk. Tingginya derajat putih pada sampel variabel D dikarenakan pengaruh dari penambahan NaOH dalam mengendapkan zat pengotor sehingga saat dilakukan penyaringan menggunakan *centrifuge* benar-benar terpisah sehingga pada proses ini garam yang dihasilkan akan lebih bersih dan tampilan visual tampak lebih putih. Sedangkan untuk variabel A yang merupakan sampel air laut murni menghasilkan derajat putih paling rendah yaitu berkisar 41,3%. Hal ini dikarenakan tidak adanya penambahan senyawa kimia untuk membantu mengikat zat pengotor sehingga saat dilakukan proses penyaringan beberapa partikel pada zat pengotor tidak tersaring. Ukuran kristal atau butiran menjadi salah satu pengaruh perbedaan derajat putih yang dihasilkan pada garam. Butiran garam dengan sampel air laut murni lebih besar memungkinkan kandungan impurities yang lebih besar sehingga derajat putih yang dihasilkan menjadi paling kecil. Selain itu proses pengeringan pada sampel garam dapat menjadi salah satu faktor perbedaan warna dan derajat putih pada garam. Apabila proses pengeringan garam menggunakan oven suhu tinggi menyebabkan warna visual garam menjadi krem dikarenakan adanya oksidasi besi (Sulistiyowati, 2012).

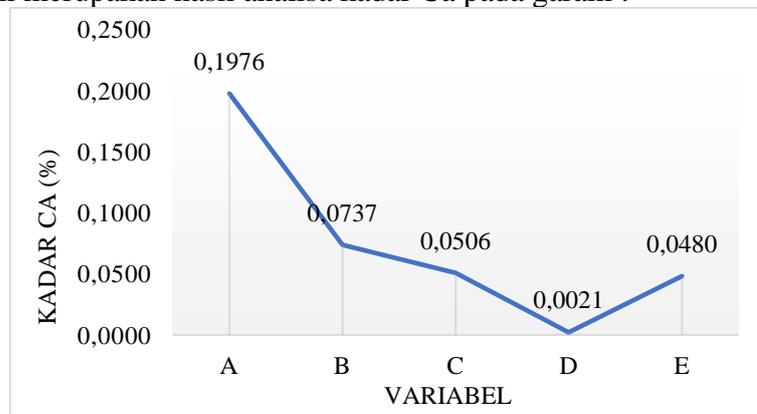
Analisa kadar Ca dan Mg pada produk garam menggunakan metode kompleksimetri EDTA. Untuk analisa SO₄ menggunakan metode gravimetri dan analisa NaCl menggunakan metode Mohr. Berikut ini adalah tabel hasil analisa kadar Ca, Mg, SO₄, dan NaCl pada produk garam sesuai variabel :

Tabel 4. 4 Hasil Analisa kadar Ca, Mg, SO₄, dan NaCl pada Produk Garam

Variabel	Parameter				
	NaCl (%db)	Kadar Air (%db)	Ca (%db)	Mg (%db)	SO ₄ (%db)
A	85,0212	5,2034	0,1976	0,1128	1,4325
B	91,9677	2,9557	0,0737	0,0860	0,3389
C	95,6408	2,0823	0,0506	0,0123	0,1974
D	96,9750	1,5922	0,0021	0,0102	0,1337
E	96,6077	1,3937	0,0480	0,0142	0,1669

IV.2.1 Pengaruh Variabel Penambahan Na₂CO₃ terhadap Kadar Ca pada Garam

Berikut ini merupakan hasil analisa kadar Ca pada garam :



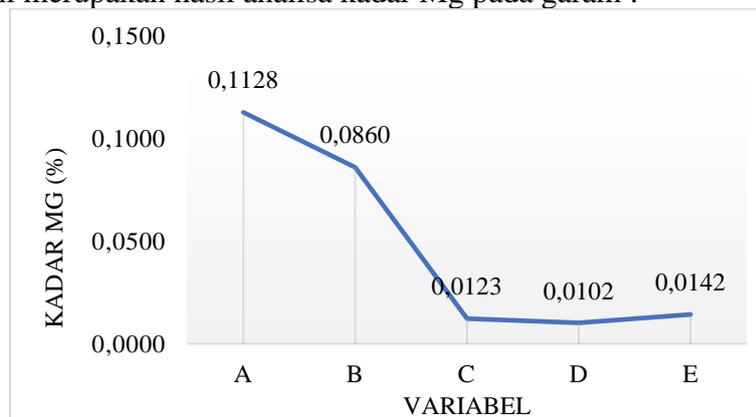
Grafik 4. 1 Hasil Analisa Kadar Ca pada Garam

Berdasarkan **Grafik 4. 1** menunjukkan bahwa kadar Ca mengalami penurunan setelah ditambahkan Na_2CO_3 , NaOH , dan BaCl_2 sesuai variabel. Hasil analisa kadar Ca pada garam air laut sebesar 0,1976%, dimana kadar tersebut masih tergolong kualitas garam krosok. Hasil pemurnian *impurities* dengan penambahan bahan kimia Na_2CO_3 dan BaCl_2 sesuai stoikiometri tanpa NaOH (Variabel B) berhasil menurunkan pengotor Ca pada garam hingga bersisa 0,0737%. Kadar Ca terus mengalami penurunan hingga penambahan NaOH sebanyak 2x mol Mg hingga 0,0021%. Hasil tersebut telah mencapai standar baku mutu garam industri, maksimal mengandung kadar Ca sebesar 0,1% (*SNI 0303-2012*). Penurunan kadar Ca terjadi dikarenakan *impurities* Ca pada air laut diikat oleh ion CO_3 pada Na_2CO_3 supaya membentuk endapan CaCO_3 (*Ihsan et al., 2002*).

Pada kelima variabel diatas dapat dilihat bahwa perlakuan paling optimal yaitu ketika penambahan NaOH sebanyak 2x mol Mg atau sesuai stioikiometri. Hasil analisa sampel E mengalami peningkatan kadar Ca menjadi 0,0480% dikarenakan zat pemurnian yang ditambahkan sudah melewati titik optimum sehingga untuk proses pengikatan tidak berjalan secara optimal. Terjadinya peningkatan kembali kadar Ca pada sampel E dapat disebabkan karena penambahan NaOH secara berlebih (3x mol Mg) melampaui kebutuhan teoritiesnya mengakibatkan terjadinya reaksi lanjutan yang akhirnya membentuk Ca dalam larutan (*Casas et al., 2014*). Apabila pada sampel garam mengandung kadar Ca berlebih akan mempengaruhi proses kristalisasi sehingga mempengaruhi kemurnian pada garam (*Astuti, 2016*).

IV.2.2 Pengaruh Variabel Penambahan NaOH terhadap Kadar Mg pada Garam

Berikut ini merupakan hasil analisa kadar Mg pada garam :



Grafik 4. 2 Hasil Analisa Kadar Mg pada Garam

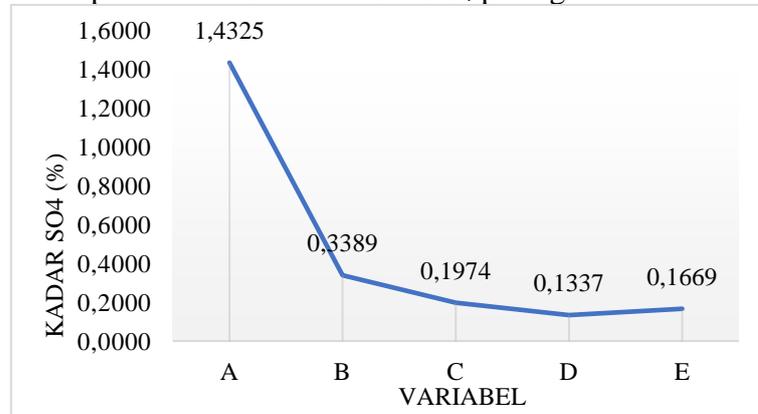
Pada **Grafik 4. 2** menunjukkan bahwa kadar Mg pada garam mengalami penurunan setelah ditambahkan Na_2CO_3 , NaOH , dan BaCl_2 sesuai variabel. Hasil analisa kadar Mg pada garam air laut sebesar 0,1128%, dimana kadar tersebut masih tergolong kualitas garam krosok. Dengan penambahan bahan kimia Na_2CO_3 dan BaCl_2 sesuai stoikiometri tanpa NaOH (Variabel B) berhasil menurunkan pengotor Mg hingga bersisa 0,0860%. Setelah dilakukan penambahan NaOH , kandungan Mg pada variabel C menurun sebesar 85,7% yaitu menjadi 0,0123%. Kadar Mg ini terus mengalami penurunan hingga penambahan NaOH sebanyak 2x mol Mg hingga 0,0021%. Berdasarkan kelima perlakuan tersebut, kadar Mg terbaik yaitu pada variabel penambahan NaOH sebanyak 2x mol Mg (Variabel D) yaitu sebesar 0,0102%. Hasil tersebut telah mencapai standar baku mutu garam industri, kadar Ca maksimal 0,05% (*SNI 0303-2012*).

Menurut Sumada et al. (2018), penambahan senyawa natrium hidroksidan (NaOH) sangat efektif untuk menghilangkan zat pengotor khususnya Mg pada proses pemurnian garam. Pengurangan kadar Mg sangat diperlukan untuk menghasilkan garam dengan *impurities* rendah

sehingga mengurangi rasa pahit pada garam dikarenakan memiliki sifat higroskopik dan menyebabkan tampilan visual garam menjadi kecoklatan (Astuti, 2016).

IV.2.3 Pengaruh Variabel Penambahan BaCl₂ terhadap Kadar SO₄ pada Garam

Berikut ini merupakan hasil analisa kadar SO₄ pada garam:

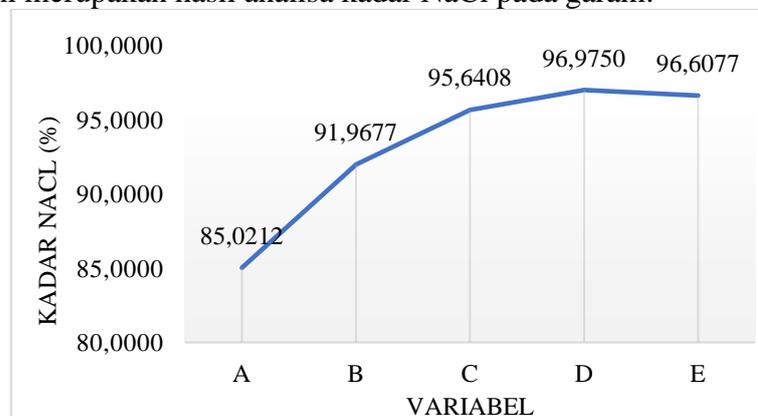


Grafik 4. 3 Hasil Analisa Kadar SO₄ pada Garam

Pada **Grafik 4. 3** diatas menunjukkan grafik terjadinya penurunan secara fluktuatif yaitu pada sampel A, B, C, D dan mengalami kenaikan pada sampel E. Pada sampel D menghasilkan kadar terendah dalam analisa yaitu sebesar 0,1337%. Menurut Literatur (Astuti *et al.*, 2016) terjadinya tidak kesesuaian ini dipengaruhi lokasi pengambilan sampel pada lahan di penggaraman. Hasil konsentrasi sulfat di tambak dekat dari pantai lebih besar dibandingkan dari tambak yang jauh dari pantai. Hal ini terjadi beberapa kemungkinan diantaranya terjadinya penguapan SO₄ ke udara. Selain itu apabila lokasi tambak dekat dengan hutan magrove menyebabkan adanya masukan sulfat dari sedimen sekitar hutan mangrove sehingga berpengaruh pada konsentrasi sulfat yang dihasilkan. Selain itu, warna coklat yang dihasilkan ini berpengaruh pada kepekatan air tua yang masuk ke dalam meja garam sehingga mempengaruhi kualitas garam. Solusi untuk mengetasi warna visual yang kecoklatan ini dapat menggunakan teknologi geomembrane yang membantu proses penguapan air semakin cepat dikarenakan plastik yang dapat menyerap radiasi matahari. Dengan menggunakan teknologi jenis ini akan menghasilkan garam yang lebih putih dan bersih akibat terlindunginya dari kontaminasi sedimen dasar kolam. (Nurfaiza, 2020).

IV.2.4 Pengaruh Variabel Penambahan NaOH terhadap Kadar NaCl pada Garam

Berikut ini merupakan hasil analisa kadar NaCl pada garam:



Grafik 4. 4 Hasil Analisa Kadar NaCl pada Garam

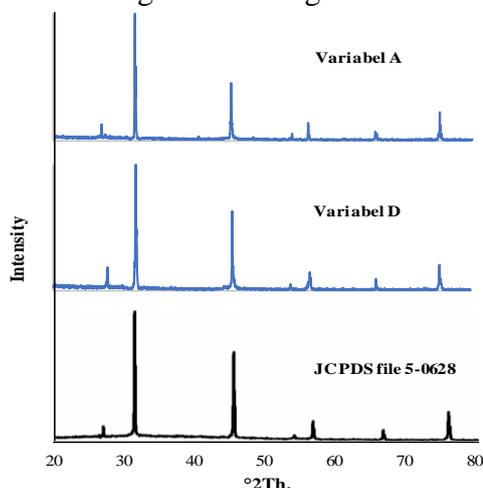
Berdasarkan **Grafik 4. 4** menunjukkan bahwa kadar NaCl pada tiap variabel mengalami peningkatan setelah dimurnikan dengan senyawa kimia Na_2CO_3 , NaOH , dan BaCl_2 . Pada sampel A, B, C, D mengalami kenaikan sedangkan pada sampel E mengalami penurunan. Berdasarkan 5 perlakuan tersebut, masing-masing variabel dapat meningkatkan kadar NaCl yang berbeda-beda, hasil terbaik untuk peningkatan kadar NaCl adalah pada penambahan NaOH hingga 2x mol Mg atau variabel D sebesar 96,97%. Hasil tersebut telah mencapai standar baku mutu garam industri, kadar NaCl minimal 96% (*SNI 0303-2012*).

Peningkatan kadar NaCl pada garam dapat terjadi karena *impurities* yang terdapat pada air laut telah diikat oleh senyawa kimia pada proses pemurnian. Berdasarkan studi literatur, penambahan NaOH efektif dalam mengendapkan pengotor Mg. reaksi kimia senyawa natrium hidroksida (NaOH) bila direaksikan dalam larutan garam menyebabkan pengendapan pengotor magnesium berupa magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) (*Rahem, 2020*). Beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan kualitas garam diantaranya kelarutan garam, pemilihan jenis bahan kimia pengikat *impurities*, waktu dan kecepatan pengadukan, dan konsentrasi bahan kimia pengikat *impurities* (*Sumada et al., 2018*).

IV.2.5 Analisa XRD (*X-Ray Diffraction*)

Analisa yang dilakukan pada sampel garam yang kadar ion Ca, Mg, dan SO_4 terbaik kemudian dilakukan analisa XRD untuk mengetahui bahwa sampel garam yang dihasilkan sudah terjadi pembentukan bunga-bunga kristal. Analisis difraksi (*X-Ray Diffraction*) adalah teknik yang digunakan untuk menentukan struktur kristal dan ukuran kristal suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal akan menunjukkan puncak tertentu apabila dianalisa dengan menggunakan XRD. Analisis ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi fase curah suatu katalis, menentukan kristalinitas atau kristalinitas suatu katalis, atau menentukan komposisi suatu katalis. Difraksi sinar-X adalah teknik yang digunakan untuk mengukur sifat-sifat fase kristal, konsentrasi dalam padatan dan ukuran kristalnya. Sebagian besar katalis ini berbentuk padatan kristal seperti oksida logam, zeolit dan logam penyangga (*Leofanti, 1997*).

Pada analisa XRD ini pemilihan sampel pada variabel A dan Variabel D. Variabel A adalah sampel murni air laut tanpa penambahan senyawa kimia, sedangkan variabel D adalah sampel air laut dengan penambahan kimia sebesar (mol NaOH = 2x mol Mg). Pemilihan analisa variabel D (mol NaOH = 2x mol Mg) ini ditunjang dengan literatur Pujiastuti et al. (2018) bahwa rasio NaOH 2 N terhadap larutan garam jenuh akan meningkatkan presentase penyisihan zat pengotor. Semakin besar perbandingan NaOH 2 N larutan garam jenuh akan meningkatkan presentasi komposisi padatan. Berikut ini adalah hasil pengujian XRD pada produk garam dengan variabel A dan Variabel D dengan dibandingkan literatur JCPDS Halite NaCl:



Gambar 4. 2 Perbandingan Hasil Analisa XRD dengan Literatur JCPDS file 5-0628

Berdasarkan hasil Analisa XRD pada **Gambar 4. 2**, menunjukkan bahwa pada sampel dengan variabel A yaitu garam dari air laut terdapat struktur kristal dengan ukuran struktur kristalisasi besar (*Large Crystallites*). Halite NaCl pada variabel A terdeteksi pada difraksi peak 31.54° ; 31.62° ; $45,33^\circ$; 45.46° ; 56.42° ; 66.07° ; dan 75.34° . Kemudian untuk halite NaCl pada variabel D terdeteksi pada difraksi peak 27.85° ; 31.89° ; 45.75° ; 56.88° ; 66.38° ; dan 75.46° . Struktur kristal pada variabel D merupakan ukuran struktur kristalisasi besar (*Large Crystallites*). Berdasarkan data standar JCPDS file 5-0628, kedua hasil analisa tersebut telah memenuhi standar bahwa bentuk kristal halite NaCl memiliki puncak difraksi pada 27.4° ; 31.7° ; 45.4° ; 53.7° ; 56.4° ; $66,2^\circ$ dan 77.3° (Navarro, 2022).

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Kadar optimal garam yang dihasilkan dari penelitian ini adalah pada sampel penambahan NaOH sebanyak 2x mol Mg dimana menghasilkan garam dengan kadar NaCl sebesar 96,975%; kadar Ca sebesar 0,0021%; kadar Mg sebesar 0,0102% dan kadar SO₄ sebesar 0,1337%. Kadar ini memenuhi SNI 0303-2012 sebesar (96 %db) untuk kualitas garam industri soda kaustik.

V.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Diperlukan konsentrasi yang lebih tinggi untuk penambahan senyawa kimia Na₂CO₃ dan BaCl₂ dalam proses pemurnian air laut untuk mengikat zat pengotor agar menghasilkan garam dengan kualitas yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, M. N. R., & Kenici, M. F. (2018). Pembuatan garam industri dari garam rakyat dengan proses rekristalisasi. *Skripsi*, 1–95.
- Apriani, M., Hadi, W., & Masduqi, A. (2018). Physicochemical properties of sea water and bittern in Indonesia: Quality improvement and potential resources utilization for marine environmental sustainability. *Journal of Ecological Engineering*, 19(3), 1–10. <https://doi.org/10.12911/22998993/86150>
- Apriani, M., Wahyono Hadi, I., & Masduqi, A. (2018). Kristalisasi Magnesium Karbonat Dari Limbah Proses Pembuatan Garam Rakyat. Disertasi Program Doktor Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Arifin, A. N. (2011). Pabrik Sodium Chloride Multiple-Effect Evaporation.
- Astuti, R. P., Yulianti, C. H., & Prasetya, R. A. (2016). Pengaruh Lama Waktu Pengadukan Terhadap Pengikatan Impuritis untuk Meningkatkan Kadar NaCl Pada Garam Rakyat. *Journal of Pharmacy and Science*, 1(1), 9–14. <https://doi.org/10.53342/pharmasci.v1i1.46>
- Cahyono, Bambang. 1991. “Segi Praktis dan Metode Pemisahan SenyawaOrganik”. Semarang: KIMIA UNDIP.
- Casas, S., Aladjem, C., Larrotcha, E., Gibert, O., Valderrama, C., & Cortina, J. L. (2014). Valorisation of Ca and Mg by-products from mining and seawater desalination brines for water treatment applications. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 89(6), 872–883. doi:10.1002/jctb.4326.
- Chabanon, E., Mangin, D., & Charcosset, C. (2016). Membranes and crystallization processes: State of the art and prospects. *Journal of Membrane Science*, 509, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.02.051>
- Charcosset, C., Kieffer, R., Mangin, D., & Puel, F. (2010). Coupling between membrane processes and crystallization operations. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 49(12), 5489–5495. <https://doi.org/10.1021/ie901824x>
- Diniari, N. A. (2021). Pra-Desain Pabrik Garam Farmasi dari Air Laut dengan Metode Multiple Effect Evaporator.
- Fachry, A. Rasyidi and Tumanggor, Juliyadi and Yuni, Ni Putu Endah (2008) Pengaruh Waktu Kristalisasi Dengan Proses Pendinginan Terhadap Pertumbuhan Kristal Amonium Sulfat Dari Larutannya. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 15 (2). pp. 9-16. ISSN 0853-0963.
- Fitryawati, A. (2021). Tugas desain pabrik kimia – tk 184803 pra desain pabrik pembuatan garam industri soda kaustik dari garam rakyat. 10(2).
- Geertman, R. M. (2000). Sodium Chloride: Crystallization. *Encyclopedia of Separation Science*, 1992, 4127–4134. <https://doi.org/10.1016/b0-12-226770-2/06061-0>
- Ihsan, D., Istadi, & Djaeni, M. (2002). Improving Public Salt Quality by Chemical Treatment. *Journal of Coastal Development*, 5(3), 111–116.
- Indrayana, R., Yusuf, M., Rifai, A., Kelautan, J. I., Perikanan, F., Diponegoro, U., Soedharto, J. P. H., Semarang, T., & Fax, T. (2014). Pengaruh Arus Permukaan Terhadap Sebaran Kualitas Air di Perairan Genuk Semarang. *Journal of Oceanography*, 3(4), 651–659.
- Kasedde, H., Kirabira, J. B., Bähler, M. U., Tilliander, A., & Jonsson, S. (2014). Characterization of brines and evaporites of Lake Katwe, Uganda. *Journal of African Earth Sciences*, 91, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2013.12.004>
- Leofanti, G., Tozzola, G., Padovan, M., Petrini, G., Bordiga, S., & Zecchina, A. (1997). Catalyst characterization : characterization techniques. 34, 307–327.

- Mashuri, Losu, H. Z., Nurhadi, H., Hakim, M. L., & Sampurno, B. (2021). Perancangan Sistem Model Scale Alat Pencegah Bercampurnya Air Hujan dengan Air Laut menggunakan Sistem Kontrol Otomatis Sensor Suhu guna menjaga Kestabilan Produksi Garam pada Musim Hujan. *Jurnal Nasional Aplikasi Mekatronika, Otomasi Dan Robot Industri (AMORI)*, 2(1). <https://doi.org/10.12962/j27213560.v2i1.9125>
- Mullin, J. W. (2001). *Crystallization*. Emeritus Professor of Chemical Engineering University of London, 59.
- Murni, D. A., Gunawan, G., & Hastuti, R. (2011). Pemurnian NaCl dengan Penambahan Bahan Pengikat Impurities pada Garam Krosok dan Garam Kuwu dengan Rekrystalisasi Secara Penguapan dan Penambahan Gas HCl. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14(1), 8–11. <https://doi.org/10.14710/jksa.14.1.8-11>
- Nurfaizaa, S., Haeruddina, & Sulardionoa, B. (2021). INDEKS KESESUAIAN LAHAN GARAM (IKLG) DI DESA TLUWUK , PATI Land Suitability Evaluation for Salt Ponds Using Salt Suitability Index (IKLG) in. *Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro*, 5(2), 182–192.
- Pinalia, A. (2012). Penentuan Metode Rekrystalisasi Yang Tepat Untuk Meningkatkan Kemurnian Kristal Amonium Perklorat (Ap). *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, 6(2), 64–70. http://103.16.223.15/index.php/majalah_sains_tekgan/article/view/1635.
- Pujiastuti, C., Ngatilah, Y., Sumada, K., & Muljani, S. (2018). The effectiveness of sodium hydroxide (NaOH) and sodium carbonate (Na₂CO₃) on the impurities removal of saturated salt solution. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012215>.
- Rawajfeh, K. (2014). *Life Science Journal*. Upgrading of Commercial Potassium Chloride by Crystallization: Study of Parameters Affecting the Process, 11 (8), 140. <http://www.springer.com/series/15440%0Apapers://ae99785b-2213-416d-aa7e-3a12880cc9b9/Paper/p18311>
- Rukminasari, N., Nadiarti, & Awaluddin, K. (2014). Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium dan laju pertumbuhan Halimeda sp. *Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan*, 24(1), 28–34. <https://www.scribd.com/document/363166182/ph-derajat- air-laut-pdf>
- Soesilowati, E., & Garam, P. (2013). Penguatan Industri Garam Nasional Melalui Perbaikan Teknologi Budidaya Dan Diversifikasi Produk. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 11(2), 129–142.
- Sumada, K., Dewati, R., & Suprihatin. (2018). Improvement of seawater salt quality by hydro-extraction and re-crystallization methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012214>
- Widoretno, D. R. (2014). Final Project-Tk 090324 Sodium Chloride Plant From Sea Water With Sedimentation and Microfiltration Process. Final Project.
- Yao, M., Wang, L., Feng, S., Li, J., Fang, C., Zhang, S., Jin, M., Tong, L., Gao, Z., Chen, M., & Gong, J. (2022). Improving separation efficiency of crystallization by ultrasound-accelerated nucleation: The role of solute diffusion and solvation effect. *Separation and Purification Technology*, 294(March), 121143.

APPENDIKS

1. Perhitungan Kadar Air

$$\% \text{ Kadar Air} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100\%$$

Contoh :

$$\begin{aligned} \text{Variabel A} \rightarrow \% \text{ Kadar Air} &= \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{31,327 - 31,217}{31,327 - 29,213} \right) \times 100\% \\ &= 5,2034\% \end{aligned}$$

Variabel	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	W ₂ (gr)	% Kadar Air
A	29,213	31,327	31,217	5,2034%
B	29,96	31,99	31,93	2,9557%
C	45,344	47,361	47,319	2,0823%
D	31,179	33,126	33,095	1,5922%
E	44,132	46,141	46,113	1,3937%

*Keterangan : W₀ = massa cawan kosong; W₁ = massa cawan + garam sebelum di oven; dan W₂ = massa cawan + garam setelah di oven

2. Perhitungan Kadar Mg dan Ca

Faktor pengenceran :

$$fp = \frac{\text{Volume larutan di labu ukur}}{\text{Volume pipet ukur}}$$

$$\text{Volume titrasi Mg} = (\text{Volume titrasi Ca} + \text{Mg}) - (\text{Volume titrasi Ca})$$

$$\text{Kadar Ca (\% } wb) = \frac{(\text{Volume titrasi Ca (ml)} \times N \text{ EDTA} \times fp \times Ar \text{ Ca})}{w \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Ca (\% } db) = \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar Ca (\% } wb)$$

$$\text{Kadar Mg (\% } wb) = \frac{(\text{Volume titrasi Mg (ml)} \times N \text{ EDTA} \times fp \times Ar \text{ Mg})}{w \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Mg (\% } db) = \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar Mg (\% } wb)$$

$$N \text{ EDTA} = 0,055 \text{ N}; Ar \text{ Ca} = 40,078 \text{ gr/mol}; Ar \text{ Mg} = 24,305 \text{ gr/mol}$$

Contoh :

$$\text{Variabel A} \rightarrow \text{Kadar Ca (\% } wb) = \frac{(\text{Volume titrasi Ca (ml)} \times N \text{ EDTA} \times fp \times Ar \text{ Ca})}{w \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$= \frac{(0,85 \text{ mL} \times 0,055 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 10 \times 40,078 \frac{\text{gr}}{\text{mol}})}{10,002 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 0,1873\%$$

$$\text{Kadar Ca (\% } db) = \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar Ca (\% } wb)$$

$$= \frac{100}{(100 - 5,2034)} \times 0,1873\%$$

$$= 0,1976\%$$

$$\begin{aligned} \text{Variabel A} \rightarrow \text{Kadar Mg (\% wb)} &= \frac{(\text{Volume titrasi Mg (ml)} \times \text{N EDTA} \times \text{fp} \times \text{Ar Mg})}{w \text{ sampel}} \times 100 \% \\ &= \frac{(0,8 \text{ mL} \times 0,055 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 10 \times 24,305 \frac{\text{gr}}{\text{mol}})}{10,002 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 0,1069\% \\ \text{Kadar Mg (\% db)} &= \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar Mg (\% wb)} \\ &= \frac{100}{(100 - 5,2034)} \times 0,1069\% \\ &= 0,1128\% \end{aligned}$$

Variabel	Massa Sampel (gr)	Volume Titrasi (mL)			Faktor Pengenceran			% Kadar wb		% Kadar db	
		Ca	Ca+Mg	Mg	V. Labu Ukur (mL)	V. Pipet (mL)	fp	Ca	Mg	Ca	Mg
A	10,002	0,85	1,65	0,8	100	10	10	0,1873	0,1069	0,1976	0,1128
B	10,011	0,325	0,95	0,625	100	10	10	0,0716	0,0835	0,0737	0,0860
C	10,007	0,225	0,315	0,09	100	10	10	0,0496	0,0120	0,0506	0,0123
D	10,012	0,175	0,25	0,075	100	10	10	0,0385	0,0100	0,0392	0,0102
E	10,003	0,215	0,32	0,105	100	10	10	0,0474	0,0140	0,0480	0,0142

3. Perhitungan Kadar SO₄

Berat Endapan = Massa kertas saring dan endapan – massa kertas saring kosong

$$\text{Kadar SO}_4 (\% \text{ wb}) = \frac{\text{Berat endapan BaSO}_4 \times 0,41158}{W \text{ sampel (gr)}} \times 100\%$$

Contoh :

$$\begin{aligned} \text{Variabel A} \rightarrow \text{Kadar SO}_4 (\% \text{ wb}) &= \frac{0,33 \times 0,41158}{10,002} \times 100 \% \\ &= 1,3579\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SO}_4 (\% \text{ db}) &= \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar SO}_4 (\% \text{ wb}) \\ &= \frac{100}{(100 - 5,2034)} \times 1,3579\% \\ &= 1,4325\% \end{aligned}$$

Variabel	K.S Kosong (gr)	Kertas Saring+Endapan (gr)	Massa Endapan (gr)	W sampel (gr)	Kadar SO ₄	
					% wb	% db
A	1,191	1,521	0,33	10,002	1,3579	1,4325
B	1,133	1,213	0,08	10,011	0,3289	0,3389
C	1,102	1,149	0,047	10,007	0,1933	0,1974
D	1,316	1,348	0,032	10,012	0,1315	0,1337
E	1,253	1,293	0,04	10,003	0,1646	0,1669

4. Perhitungan Kadar NaCl

$$\text{Kadar NaCl (\% } wb) = \frac{(\text{Volume titrasi AgNO}_3 \text{ (ml)} \times N \text{ AgNO}_3 \times fp \times \text{BM NaCl})}{w \text{ sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Cl (\% } db) = \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar Ca (\% } wb)$$

$$N \text{ EDTA} = 0,098 \text{ N}; \text{ BM NaCl} = 58,443 \text{ gr/mol}$$

Contoh :

$$\text{Variabel A} \rightarrow \text{Kadar NaCl (\% } wb) = \frac{(28,15 \text{ mL} \times 0,098 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 50 \times 58,443 \frac{\text{gr}}{\text{mol}})}{10,002 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 80,5972\%$$

$$\text{Kadar NaCl (\% } db) = \frac{100}{(100 - \% \text{Kadar air})} \times \text{Kadar NaCl (\% } wb)$$

$$= \frac{100}{(100 - 5,2034)} \times 80,5972\%$$

$$= 85,0212\%$$

Variabel	Massa Sampel (gr)	Volume Titrasi AgNO ₃	Faktor Pengenceran			Kadar NaCl	
			V. Labu Ukur (mL)	V. Pipet (mL)	fp	% wb	% db
A	10,002	28,15	100	2	50	80,5972	85,0212
B	10,011	31,2	100	2	50	89,2495	91,9677
C	10,007	32,725	100	2	50	93,6493	95,6408
D	10,012	33,35	100	2	50	95,3902	96,9335
E	10,003	33,275	100	2	50	95,2613	96,6077

BIODATA PENULIS

Penulis I



Rafianola Maawarni lahir di Madiun, 4 Juli 1999, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu TK dan SDN 02 Pangongangan Madiun, SMPN 8 Madiun, dan SMAN 5 Madiun. Penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2018 dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP. 10411810000051. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan berorganisasi sebagai Ketua Divisi Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Kimia Industri (HMTKI-ITS) dan Bendahara II Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Vokasi ITS (BEM-FV VOKASI ITS). Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Teknologi

Rekayasa Proses dan aktif mengikuti kegiatan internship (Kerja Praktik) di PPSDM MIGAS pada bagian Kilang dan Utilitas selama 1 bulan dan kegiatan magang di PT. Organon Pharma Indonesia, Tbk. Organon Inc pada bagian *Engineering Service* selama 4 bulan. Penulis pernah mengikuti kegiatan pelatihan Aspen Hysys, pelatihan organisasi HMTKI dan pelatihan LKMM.

Alamat e-mail penulis: rafianolamawarni.04@gmail.com

Nomor Telepon: 081235528958

Penulis II



Sabilah Putri Aulia, lahir pada 8 Oktober 2000 di Jombang, Jawa Timur. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Setelah menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Jombang, penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2018 dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP. 10411810000075. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan berorganisasi sebagai Ketua Divisi Bisnis Manajemen di Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Kimia Industri (HMTKI-ITS). Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah dan aktif mengikuti kegiatan magang di PT. Garam (Persero) pada Divisi Inovasi Bisnis selama 4 bulan. Penulis pernah mengikuti kegiatan pelatihan Aspen Hysys, pelatihan organisasi HMTKI dan pelatihan LKMM.

Alamat e-mail penulis: sabilah86@gmail.com

Nomor Telepon: 08567514765