

**PEMODELAN DAN SIMULASI PRESIPITASI
ANEKA KOMPONEN GARAM DARI AIR LAUT
YANG DIUAPKAN**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh:

Cynthia Harris

(2017620015)

Pembimbing :

Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Prof. Dr. Judy Retti B. Witono, Ir., M.App.Sc.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2022

Precipitation Modeling and Simulation of Various Salt Components from Evaporated Seawater

Undergraduate Thesis

Submitted in fulfillment of the requirements
for the Bachelor degree of Chemical Engineering

created by:

Cynthia Harris

(2017620015)

Undergraduate Thesis Supervisor:

Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Prof. Dr. Judy Retti B. Witono, Ir., M.App.Sc.



**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PEMODELAN DAN SIMULASI PRESIPITASI ANEKA KOMPONEN
GARAM DARI AIR LAUT YANG DIUAPKAN**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 31 Agustus 2022

Pembimbing 1



Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Pembimbing 2



Prof. Dr. Judy Retti B. Witono, Ir., M.App.Sc.



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cynthia Harris

NPM : 2017620015

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

Pemodelan dan Simulasi Presipitasi Aneka Komponen Garam dari Air Laut yang Diuapkan

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 19 Agustus 2022



Cynthia Harris

(2017620015)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : PEMODELAN DAN SIMULASI PRESIPITASI ANEKA KOMPONEN
GARAM DARI AIR LAUT YANG DIUAPKAN**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 September 2022

Dosen Penguji 1



Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng.

Dosen Penguji 2



I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.

INTISARI

Pembuatan garam di Indonesia umumnya menggunakan metode evaporasi air laut. Garam yang dihasilkan baru dapat memenuhi standar kebutuhan untuk garam konsumsi dan belum dapat memenuhi standar kebutuhan garam industri sehingga masih dilakukan impor garam. Pada proses evaporasi garam dari air laut, umumnya terkandung garam lain sehingga akan mempengaruhi kualitas garam yang dihasilkan. Akan tetapi garam tersebut dapat dipisahkan karena akan mengendap berdasarkan sifat kelarutan garam. Metode evaporasi yang saat ini dilakukan oleh petani garam memiliki standar yang berbeda di setiap daerah bergantung pada pengetahuan kualitatif petani sehingga rentang tingkat konsentrasi air garam ($^{\circ}\text{Be}$) berbeda-beda pada setiap tambak garam. Pembuatan model dilakukan pada perangkat lunak ASPEN PLUS untuk menghitung pengendapan garam secara kuantitatif sehingga diperoleh jumlah dan kualitas garam yang dihasilkan berdasarkan metode pembuatan garam tradisional.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model presipitasi aneka komponen garam dari air laut pada berbagai rentang konsentrasi air garam ($^{\circ}\text{Be}$) menggunakan konsep hubungan kesetimbangan garam dengan bantuan fitur *electrolyte wizard* pada ASPEN PLUS. Selain itu dilakukan simulasi proses dengan memvariasikan konsentrasi air garam masukan dan keluaran air garam pada meja kristalisasi sehingga dapat dilihat pengaruhnya terhadap kemurnian dan jumlah produk garam yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung neraca massa garam dan air pada berbagai rentang konsentrasi air garam ($^{\circ}\text{Be}$) sesuai tambak garam yang dimodelkan pada ASPEN menggunakan unit separator dan filter untuk mewakili proses evaporasi dan presipitasi garam serta unit pasca-produksi untuk meningkatkan kualitas garam.

Pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa kemurnian NaCl dipengaruhi oleh persentase pengotor seperti garam magnesium, garam sulfat, garam kalsium dan garam lain dimana garam magnesium akan semakin tinggi persentasenya mulai pada konsentrasi 29 $^{\circ}\text{Be}$ sementara garam kalsium dan sulfat akan mengalami peningkatan saat masukan meja kristalisasi lebih cepat dari 25 $^{\circ}\text{Be}$. Garam yang dihasilkan akan memiliki paling sedikit pengotor saat masukan meja kristalisasi 25 $^{\circ}\text{Be}$ dan keluar di 29 $^{\circ}\text{Be}$ dengan kemurnian sebesar 94,049% yang sudah sesuai dengan standar SNI untuk kualitas garam konsumsi. Pada penggunaan industri garam ini sudah memenuhi standar untuk industri *water treatment* dan penyamakan kulit. Jika ingin diperoleh garam dengan spesifikasi kemurnian yang lebih tinggi maka diperlukan proses lanjutan berupa penambahan bahan kimia sesuai dengan fokus penurunan kandungan pengotor sehingga kadar garam pengotor dapat menurun dan kualitas garam dapat lebih murni, misalnya untuk menurunkan kandungan sulfat digunakan BaCl_2 . Oleh karena itu, garam hasil pembuatan tradisional dapat memenuhi standar SNI selama dilakukan pengawasan mutu selama proses produksinya.

Kata kunci : ASPEN PLUS, *electrolyte wizard*, Kelarutan garam, kemurnian NaCl, pemodelan presipitasi garam.

ABSTRACT

Salt production is commonly produced from seawater by conventional solar evaporation process in Indonesia. The salt meet the standard requirement for consumption but has not been able to meet the standard requirement for industrial uses and make Indonesia still importing salt. In the salt production process, there are other substances from seawater that will affect the quality of the salt produced. However, the substances can form into salt and can be separated because it will precipitate based on the solubility of the salt. The evaporation method currently carried out by salt farmers has different standards in each region depending on the qualitative knowledge of the farmers that makes the range of salt water concentration levels ($^{\circ}\text{Be}$) is different in each salt pond. Model by ASPEN PLUS software calculate amount and quality of salt precipitation quantitatively based on traditional salt pond manufacturing methods.

This study aims to make precipitation model of various salt components from seawater at various concentration levels ($^{\circ}\text{Be}$) using the concept of solubility with the electrolyte wizard in ASPEN PLUS. In process simulations by varying brine input and output concentration on the crystallization table, its show the effect on the purity and amount of salt produced. This research calculating the mass of salt and water in various concentration ranges of brine ($^{\circ}\text{Be}$) according to the salt pond model on ASPEN using separator and filter unit to represent the evaporation and salt precipitation process as well as post-production unit to improve salt quality.

In this study, the result showed that the purity of NaCl is influenced by the percentage of impurities such as magnesium, sulfate, calcium and other salts. Magnesium percentage would be higher than 29 $^{\circ}\text{Be}$ while calcium and sulfate salts increased when the input of the crystallization table is higher than 25 $^{\circ}\text{Be}$. The salt had the least amount of impurities when the concentration range in the crystallization table at 25 $^{\circ}\text{Be}$ to 29 $^{\circ}\text{Be}$ with a purity of 94.049% which is in accordance with SNI standards for consumption. In industrial use, this salt has met the standards for the water treatment and leather tanning industry. To obtained salt with higher purity specifications, a further process is needed in by adding chemicals according to reduce the impurity content and the quality of the salt can be higher, for example, to reduce the sulfate content, BaCl_2 is used. Therefore, salt produced by traditional manufacture met SNI standards as long as quality control is carried out during the production process.

Keywords : ASPEN PLUS, electrolyte wizard, Salt solubility, NaCl purity, salt precipitation model.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian berjudul “Pemodelan dan Simulasi Presipitasi Aneka Komponen Garam dari Air Laut yang Diuapkan”. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D. dan Ibu Prof. Dr. Judy Retti B. Winoto, Ir., M.App.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran kepada penulis selama penyusunan laporan penelitian.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan semangat, dukungan dan perhatian kepada penulis.
3. Teman-teman penulis yang memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan laporan penelitian.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Bandung, 18 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis.....	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	5
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
1.7.1. Manfaat bagi Peneliti.....	5
1.7.2. Manfaat bagi Petani Garam.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Air Laut.....	6
2.2 Garam.....	7
2.2.1 Garam Natrium Klorida (NaCl).....	8
2.2.2 Produksi Garam.....	8
2.2.3 Klasifikasi Garam.....	11
2.2.4 Kelas Garam.....	14
2.3 Kristalisasi dan Presipitasi.....	15
2.3.1 Kristalisasi.....	15

2.3.2 Presipitasi	16
2.4 Kelarutan.....	19
2.4.1 Kelarutan Garam	19
2.5. ASPEN PLUS	22
2.5.1 <i>Electrolyte</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Gambaran Umum Penelitian.....	25
3.2. Pemodelan Pengendapan Garam dengan ASPEN PLUS	27
3.2.1. Persamaan Neraca Garam dan Neraca Massa Air.....	27
3.2.2. Prosedur Pemodelan.....	28
3.3. Validasi	32
3.4. Simulasi Pemodelan.....	34
3.5. Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	36
BAB IV PEMBAHASAN	37
4.1. Pemodelan Proses Produksi Garam	37
4.2. Validasi Penelitian	38
4.3. Simulasi Penelitian	39
4.3.1 Pengaruh konsentrasi umpan terhadap garam.....	40
4.3.2 Pengaruh konsentrasi keluaran terhadap garam.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN A HASIL ANTARA	53
A.1. Simulasi konsentrasi 20 – 29 ° Be.....	53
A.2. Simulasi konsentrasi 20 – 30 ° Be.....	53
A.3. Simulasi konsentrasi 20 – 31 ° Be.....	53
A.4. Simulasi konsentrasi 23 – 29 ° Be.....	54
A.5. Simulasi konsentrasi 23 – 30 ° Be.....	54
A.6. Simulasi konsentrasi 23 – 31 ° Be.....	54

A.7. Simulasi konsentrasi 25 – 29 ° Be.....	55
A.8. Simulasi konsentrasi 25 – 30 ° Be.....	55
A.9. Simulasi konsentrasi 25 – 31 ° Be.....	55
LAMPIRAN B GRAFIK.....	56
B.1. Grafik <i>Split Ratio</i> Filter.....	56
LAMPIRAN C PERHITUNGAN	57
C.1. Validasi	57
C.1.1. Separator.....	57
C.1.2. Filter.....	57
C.1.3. Perhitungan <i>error</i>	58
C.1.4. <i>Yield</i> NaCl.....	58
C.2. Simulasi.....	58
C.2.1. Simulasi konsentrasi 20 – 29 °Be	58
C.2.2. Simulasi konsentrasi 20 – 30 °Be	59
C.2.3. Simulasi konsentrasi 20 – 31 °Be	60
C.2.4. Simulasi konsentrasi 23 – 29 °Be	60
C.2.5. Simulasi konsentrasi 23 – 30 °Be	61
C.2.6. Simulasi konsentrasi 23 – 31 °Be	61
C.2.7. Simulasi konsentrasi 25 – 29 °Be	62
C.2.8. Simulasi konsentrasi 25 – 30 °Be	62
C.2.9. Simulasi konsentrasi 25 – 31 °Be	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Urutan pengendapan garam dalam air laut.....	19
Gambar 2. 2	Tampilan layar utama ASPEN PLUS V9	23
Gambar 3. 1	Diagram alir neraca garam	27
Gambar 3. 2	Skema pemodelan secara keseluruhan	28
Gambar 3. 3	Flowsheet Validasi ASPEN	32
Gambar 3. 4	Flowchart cara kerja simulasi penelitian.....	34
Gambar 4. 1	Flowsheet Pemodelan ASPEN	37
Gambar 4. 2	Persentase Kalsium	40
Gambar 4. 3	Persentase Magnesium	41
Gambar 4. 4	Persentase Sulfat	41
Gambar 4. 5	Persentase NaCl	42
Gambar 4. 6	Yield NaCl	42
Gambar 4. 7	Persentase Kalsium	43
Gambar 4. 8	Persentase Magnesium	44
Gambar 4. 9	Persentase Sulfat	44
Gambar 4. 10	Persentase NaCl	45
Gambar 4. 11	Yield NaCl	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Impor garam tahun 2019	1
Tabel 1. 2 Premis pembagian tambak garam	3
Tabel 1. 3 Premis electrolyte wizard.....	4
Tabel 2. 1 Komposisi referensi air laut (Millero,dkk, 2008 dalam Millero, 2013)	6
Tabel 2. 2 Komponen garam yang terkandung di dalam air laut.....	7
Tabel 2. 3 Kebutuhan garam di Indonesia tahun 2019 (ton).....	8
Tabel 2. 4 Jumlah produksi garam nasional tahun 2019 (ton).....	9
Tabel 2. 5 Syarat mutu garam konsumsi beryodium	12
Tabel 2. 6 Jenis garam industri (Menteri Perindustrian, 2014)	13
Tabel 2. 7 Persyaratan mutu garam bahan baku untuk garam konsumsi beriodium	14
Tabel 2. 8 Persamaan kesetimbangan ion pembentuk garam	20
Tabel 2. 9 Kelarutan garam di dalam air (Speight, 2005).....	21
Tabel 2. 10 Konstanta hasil kali kelarutan garam pada temperatur 25 °C.....	22
Tabel 3. 1 Rentang pengukuran	25
Tabel 3. 2 Berat konstituen yang tersisa dalam larutan pada 22,2 °C.....	26
Tabel 3. 3 Komposisi air laut literatur Bassegio pada 3,5 °Be	32
Tabel 3. 4 Variasi tingkat konsentrasi air garam (°Be) masukan dan keluaran air garam ..	35
Tabel 3. 5 Pengaturan Simulasi	35
Tabel 3. 6 Jadwal Kerja Penelitian	36
Tabel 4. 1 Perbandingan hasil ASPEN dengan data Bassegio	38

DAFTAR SIMBOL

A1	=	Aliran umpan air laut
A2	=	Aliran penguapan air separator 1
A3	=	Aliran larutan air garam keluaran separator 1
A4	=	Aliran penguapan air separator 2
A5	=	Aliran larutan air garam keluaran separator 2
A6	=	Aliran endapan garam
A7	=	Aliran larutan air garam keluaran filter 1
A8	=	Aliran penguapan air separator 3
A9	=	Aliran larutan air garam keluaran separator 3
A10	=	Aliran endapan garam
A11	=	Aliran larutan air garam keluaran filter 2
A12	=	Aliran penguapan air separator 4
A13	=	Aliran larutan air garam keluaran separator 4
A14	=	Aliran endapan garam
A15	=	Aliran larutan air garam keluaran filter 3
A16	=	Aliran penguapan air separator 5
A17	=	Aliran larutan air garam keluaran separator 5
A18	=	Aliran endapan garam
A19	=	Aliran larutan air garam keluaran filter 4
A20	=	Aliran garam keluaran separator 6
A21	=	Sisa aliran garam keluaran separator 6
A22	=	Aliran keluaran <i>mixer</i> 2
A23	=	Aliran keluaran <i>splitter</i> 1
A24	=	Sisa aliran keluaran <i>splitter</i> 1
A25	=	Hasil garam basis basah (fraksi air 6,5%)
A26	=	Aliran penguapan air separator 7
A27	=	Hasil garam basis kering
SEP1	=	Separator 1
SEP2	=	Separator 2
SEP3	=	Separator 3
SEP4	=	Separator 4
SEP5	=	Separator 5
SEP6	=	Separator 6
SEP7	=	Separator 7
FILTER1	=	Filter 1
FILTER2	=	Filter 2
FILTER3	=	Filter 3
FILTER4	=	Filter 4
MIXER1	=	<i>Mixer</i> 1
MIXER2	=	<i>Mixer</i> 2
SPLIT1	=	<i>Splitter</i> 1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki wilayah laut sebesar 5,9 juta km² dengan panjang garis pantai sebesar 95.161 km (Arianto, 2020). Kondisi wilayah pantai yang luas membuat Indonesia berpotensi menjadi salah satu negara pengekspor komoditas garam. Jumlah produksi garam nasional Indonesia pada tahun 2019 mencapai 2.852.125,43 ton dengan persentase oleh petani garam sebesar 85% dan PT Garam sebesar 15% (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019). Kebutuhan garam di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 4.162.502 ton mencakup untuk kebutuhan industri manufaktur, peternakan dan perkebunan dan lain sebagainya (PT Garam, 2019)

Jumlah produksi yang belum memenuhi kebutuhan menjadi salah satu permasalahan dalam pemenuhan garam di Indonesia. Selain itu kualitas garam yang saat ini dihasilkan digolongkan menjadi garam K1 sampai K3 dengan faktor pembeda pada kandungan natrium klorida. Garam K1 memiliki kandungan natrium klorida (NaCl) sebesar 94% untuk memenuhi standar garam konsumsi. Pemenuhan garam industri di Indonesia masih mengandalkan impor karena standar kemurnian natrium klorida yang dibutuhkan minimal 95%. Kemurnian garam dipengaruhi oleh kadar natrium klorida (NaCl) juga kandungan garam lain sehingga persentase yang semakin besar menandakan kandungan garam lain yang semakin sedikit. Pada Tabel 1.1. ditunjukkan jumlah impor garam Indonesia pada tahun 2019.

Tabel 1. 1 Impor garam tahun 2019
(PT Garam, 2019)

Asal Negara	Jumlah (ton)	Biaya (juta US\$)
Australia	1.869.684,2	72.868,2
India	719.550,4	20.413,1
Selandia Baru	4.052,4	1.644,7
Tiongkok	568	49,1
Denmark	496,2	190,3
Jerman	243	110,3
Singapura	229,3	121,3
Lainnya	573,8	93.406,7
Jumlah	2.595.397,3	95.522,4

Produksi garam dapat dilakukan melalui beberapa metode yang pada umumnya melalui proses evaporasi air laut pada rentang konsentrasi air garam 3,5 °Be – 29 °Be. Saat konsentrasi air garam 25 °Be, garam natrium klorida (NaCl) dapat mulai dipanen. Pengendapan garam lain akan mempengaruhi kemurnian garam yang dihasilkan. Apabila diketahui pengendapan garam yang terjadi pada rentang konsentrasi air garam (°Be) tertentu, maka dapat diperkirakan jumlah garam dan jumlah air yang diperlukan untuk memperoleh garam dengan kemurnian natrium klorida (NaCl) yang lebih tinggi. Beberapa garam lain yang dapat terbentuk selain natrium klorida (NaCl) yaitu natrium sulfat (Na₂SO₄), magnesium sulfat (MgSO₄), magnesium klorida (MgCl₂), kalium klorida (KCl), kalium sulfat (K₂SO₄), magnesium bromida (MgBr₂), kalium bromida (KBr), dan natrium bromida (NaBr).

Pada penelitian ini akan dibuat model presipitasi garam berdasarkan neraca massa garam dan air sehingga dapat diketahui pengendapan garam yang terjadi. Setelah mengetahui garam yang mengendap beserta jumlahnya kemudian dapat diketahui kemurnian garam yang dihasilkan. Model pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif untuk mengetahui pengendapan aneka garam secara kuantitatif.

1.2 Tema Sentral Masalah

Kualitas garam dipengaruhi oleh proses evaporasi air laut dan presipitasi komponen garam sesuai rentang konsentrasi air garam (°Be). Selama ini, tahapan metode evaporasi dan presipitasi garam yang dilakukan oleh petani garam belum memiliki standar yang tetap sehingga prosesnya masih beragam berdasarkan pengetahuan kualitatif yang akan membuat rentang konsentrasi air garam berbeda untuk setiap petani. Pembuatan model dimaksudkan untuk memperkirakan pengendapan garam secara kuantitatif berdasarkan neraca massa air dan garam.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana memodelkan presipitasi aneka komponen garam dari air laut pada berbagai rentang konsentrasi air garam berdasarkan proses pembuatan garam?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi air garam pada masukan meja kristalisasi sehingga diperoleh kemurnian garam NaCl yang tinggi?

3. Bagaimana pengaruh konsentrasi air garam pada garam magnesium (Mg) setelah keluar dari meja kristalisasi agar diperoleh kemurnian garam natrium klorida (NaCl) yang tinggi?

1.4 Premis

1. Kelarutan pada garam natrium klorida (NaCl) di dalam air hampir konstan terhadap fungsi temperatur yang ditandai dengan ukuran rata-rata gugus garam dengan air yang bernilai cukup konstan (Bharmoria,dkk, 2012).
2. Pembagian tambak garam ditampilkan pada Tabel 1.2 sebagai berikut.

Tabel 1. 2 Premis pembagian tambak garam

No	Sumber	Tingkat konsentrasi air garam (°Be)		Hasil	
1	Riley and Skirrow dan PT Garam dalam Adi, Tukul Rameyo (2006)	7,1		Pengendapan lumpur/pasir/ Fe ₂ O ₃	
		7,1 – 16,75		Pengendapan CaCO ₃	
		16,75 - 30,20	26,25 – 28,5	Pengendapan CaSO ₄	NaCl 72%
			26,25		Pengendapan garam Mg
			28,5		Pengendapan NaBr
28,5 -35,00		NaCl 28%			
2	Rusiyanto, Soesilowati, dan Jumaeri (2013)	Kolam penguapan I	5 – 7	Kualitas garam (plastik HDPE): NaCl lebih tinggi (93,7% dan 90,05%) dengan kadar air sebesar 2,71% dan 7,89% dan warna yang lebih putih	
		Kolam penguapan II	7 – 10		
		Kolam penguapan III	10 -12		
		Kolam penguapan IV	12 - 17		
		Kolam penguapan V	17 - 23		
		Kolam kristalisasi	24 - 29		

Tabel 1.2 Premis pembagian tambak garam (lanjutan)

No	Sumber	Tingkat konsentrasi air garam (°Be)	Hasil	
3	Querejeta, Felipe San Pedro, n.d. dalam Collares-Pereira, dkk, (2003)	3,5 – 7	Volume air garam awal berkurang 46%.	
		7 – 12	CaCO ₃ mengendap 55%, Oksida besi mengendap dan volume air garam awal berkurang 18%.	
		12 – 16	CaCO ₃ seluruhnya mengendap	Volume air garam awal berkurang sebanyak 14,6%.
			CaSO ₄ mengendap 60% dari total pengendapan akhir	
		20 – 25	CaSO ₄ mengendap 25% dan volume air garam awal berkurang 4,3%.	
		25 – 26	Garam magnesium dan NaBr mengendap dalam jumlah kecil	
25 – 28,5	CaSO ₄ mengendap 15%, NaCl mengendap 75%, volume air garam awal berkurang 5,4%.			

3. Penggunaan fitur *electrolyte wizard* pada ASPEN PLUS ditampilkan pada Tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Premis *electrolyte wizard*

No	Sumber	Versi ASPEN PLUS	Garam
1	Sugianto dan Chan (2022)	Versi 10	KCl, CaSO ₄ , MgCl ₂ , NaCl, MgSO ₄ , NaBr
2	Aditya (2022)	Versi 8.8	KCl, CaSO ₄ , MgCl ₂ , NaCl, MgSO ₄ , NaBr, NaOH, BaCl ₂

1.5 Hipotesis

1. Model presipitasi garam dapat dibuat berdasarkan hubungan kesetimbangan garam dalam proses pembuatan garam.
2. Kemurnian pengendapan garam NaCl akan meningkat mulai pada tingkat konsentrasi air garam 25 °Be.
3. Pengendapan garam Mg akan meningkat mulai pada tingkat konsentrasi air garam 29 °Be.

1.6 Tujuan Penelitian

1. Memodelkan presipitasi aneka komponen garam dari air laut pada berbagai rentang tingkat konsentrasi air garam menggunakan neraca massa air dan garam.
2. Mensimulasikan model presipitasi yang telah divalidasi dengan memvariasikan tingkat konsentrasi air garam masukan dan keluaran air garam pada meja kristalisasi terhadap kemurnian produk garam dan jumlah garam yang dihasilkan.

1.7 Manfaat Penelitian

1.7.1. Manfaat bagi Peneliti

Dengan adanya penelitian ini, dapat diketahui jumlah garam yang mengendap dan jumlah air yang diperlukan untuk menguap sehingga dapat diperkirakan pengendapan garam yang terjadi. Selain itu diketahui pengaruh perubahan tingkat konsentrasi air garam masukan dan keluaran pada meja kristalisasi sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap kemurnian produk garam yang dihasilkan beserta jumlahnya.

1.7.2. Manfaat bagi Petani Garam

Perkiraan pengendapan garam pada tingkat konsentrasi air garam ($^{\circ}\text{Be}$) tertentu dapat membantu petani garam untuk mengetahui saat pengendapan garam natrium klorida (NaCl) maksimal sehingga dapat diperoleh garam dengan tingkat kemurnian yang tinggi dan sesuai dengan standar untuk pemanfaatan di industri. Selain itu, perkiraan pengendapan garam ini dapat membantu petani dalam proses produksi garam sehingga dapat dihasilkan garam yang lebih murni dengan nilai jual yang lebih baik.