



**PENURUNAN MASSA BORON PADA LIMBAH AIR GARAM  
(BITTERN) DENGAN METODE KOAGULASI-FLOKULASI**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh  
**Nidya Imadani**  
**NIM 131810301014**

**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2017**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Lusy Prasetyowati, Ayahanda Slamet Mulyono, dan Nenek Djoewarlif tercinta atas doa, dukungan materi, moril serta motivasi yang diberikan selama ini
2. kakakku Galih Agustin Eka serta adikku Dini Tri Adinda
3. segenap keluarga besar pakde Murnandi Subekti, tante Heni Haryanti, tante Yanti, yang telah memberikan dukungan materi dan moril selama ini.
4. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi atas limpahan ilmu, dukungan serta doanya selama ini
5. almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
6. teman-temanku Ayu Fazriyah, Agus Wedi, Anita Rahman, Wahyu Dalu, Dwi Ranggah, Gayuh Adi, Jessica, dan Surya Nugrah
7. teman-teman Titanium 2013 dan keluarga HIMAKI UNEJ;

**MOTO**

“Barang siapa tidak mencicipi pahitnya belajar walaupun sebentar, ia akan menelan kehinaan sepanjang hayat”

(Diwan al-Syafi’i)<sup>\*)</sup>

“Ilmu ibarat sumber air. Maka, rendahkanlah hatimu di hadapan ilmu. Sebab, air hanya mengalir ke tempat yang lebih rendah”

(Rofarif Juman)<sup>\*\*)</sup>

---

\*) Diwan, al-Syafi’i, 1986, (editor: Muhammad Abdul Mun’im Khafaji, Maktabah al-Ma’arif. Riyadh.

\*\*\*) Rofarif, Juman, 2014 , *Mimpi bertemu Nabi : Menyimak Kisah dan Memetik Hikmah dari Rasulullah, Para Sahabat, dan Orang-Orang Shaleh*. Jakarta : Penerbit Zaman.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nidya Imadani

NIM : 131810301014

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penurunan Massa Boron pada Limbah Air Garam (*Bittern*) dengan Metode Koagulasi-Flokulasi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Desember 2017

Yang menyatakan,



Nidya Imadani  
NIM 131810301014

**SKRIPSI**

**PENURUNAN MASSA BORON PADA LIMBAH AIR GARAM  
(BITTERN) DENGAN METODE KOAGULASI-FLOKULASI**

Oleh

Nidya Imadani  
NIM 131810301014

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : drh. Wuryanti Handayani. M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Asnawati.S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penurunan Massa Boron pada Limbah Air Garam (*Bittern*) dengan Metode Koagulasi-Flokulasi” karya Nidya Imadani telah diuji dan disahkan

pada :

hari, tanggal : JUM'AT 05 JAN 2018

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

drh. Wuryanti H., M.Si  
NIP. 196008221985032002

Anggota I,

Asnawati S.Si., M.Si  
NIP. 196808141999032001

Anggota II,

Drs. Siswoyo., M.Sc., PhD  
NIP. 196605291993031003

Anggota III,

Suwardiyanto., S.Si., M.Si., PhD  
NIP. 197501191998021001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember,

Drs. Sujito., Ph.D  
NIP. 196102041987111001



## RINGKASAN

**Penurunan Massa Boron pada Limbah Air Garam (*Bittern*) dengan Metode Koagulasi-Flokulasi** ; Nidya Imadani, 131810301014; 2017: 59 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Limbah air garam (*bittern*) merupakan sisa hasil kristalisasi garam yang banyak mengandung mineral. Jumlah mineral yang terdapat dalam *bittern* tergantung dari air laut yang dialirkan dalam tambak garam. *Bittern* yang digunakan dalam penelitian ini diambil di Pengarengan, Sampang, Madura. Mineral boron yang terdapat pada *bittern* pada penelitian ini sebesar 0,3816 mg,

Metode koagulasi-flokulasi digunakan untuk menurunkan kadar boron dalam *bittern*. Koagulan yang digunakan yaitu CaO dan CaCO<sub>3</sub>. Faktor – faktor pada metode koagulasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pH, massa koagulan dan waktu kontak. Optimasi pH variasi 7, 8, 9 dan 10 dengan massa koagulan sebesar 0,5 gram dan waktu kontak 2,5 jam. Optimasi massa koagulan variasi 0,25 gram, 0,5 gram, 0,75 gram dan 1 gram dengan pH optimal dan waktu kontak 2,5 jam. Optimasi yang terakhir yaitu waktu kontak dengan variasi 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam dengan pH optimal dan massa koagulan optimal.

Filtrat dari hasil setiap optimasi kemudian di analisis menggunakan spektrofotometer visibel dengan penambahan pengompleks kurkumin. Pengompleks kurkumin akan bereaksi dengan boron dengan membentuk kompleks rosasianin. Absorbansi yang dihasilkan dari analisis dengan spektrofotometer untuk mengetahui jumlah kadar boron yang tidak terkoagulasi. Hasil yang didapatkan pada koagulan CaO menunjukkan penurunan kadar boron dengan pH optimal 9, massa koagulan 0,5 gram dan waktu kontak 3,5 jam sebesar 73,34 % yaitu 0,3816 mg menjadi 0,1017 mg. Koagulan CaCO<sub>3</sub> menunjukkan penurunan kadar boron tertinggi dengan pH optimal 9, massa koagulan efektif 0,5 gram dan waktu kontak 4 jam sebesar 75,44 % dari kadar boron 0,3816 mg menjadi 0,0937 mg. Berdasarkan data tersebut koagulan CaCO<sub>3</sub>

lebih banyak menurunkan kadar boron dalam *bittern* dibandingkan koagulan CaO. Koagulan  $\text{CaCO}_3$  lebih banyak menurunkan kadar boron dalam *bittern* dikarenakan berat molekul dari anion karbonat yang berikatan dengan  $\text{Ca}^{2+}$  lebih besar dari pada anion yang ada pada CaO, sehingga akan lebih mudah mengendap. Interaksi antara boron dan koagulan secara elektrostatis membentuk mineral inyoite.





## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penurunan Massa Boron pada Limbah Air Garam (*Bittern*) dengan Metode Koagulasi-Flokulasi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
3. drh.Wuryanti Handayani., M.Si dan Asnawati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota, Drs. Siswoyo., M.Sc.,Ph.D dan Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D selaku penguji I dan II;
4. Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian studi di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
5. Dosen-dosen Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
6. Teknisi laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Jember, Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiiiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Garam</b> .....	4
<b>2.2 Limbah Air Garam (<i>bittern</i>)</b> .....	6
<b>2.3 Kandungan <i>Bittern</i></b> .....	7
<b>2.4 Boron</b> .....	7
2.4.1 Sifat Fisik Senyawa Boron dalam Air .....	8
2.4.2 Disosiasi Asam Borat dalam Air .....	9
<b>2.5 Koagulasi</b> .....	11
<b>2.6 Flokulasi</b> .....	12
<b>2.7 Koagulan</b> .....	13
<b>2.8 Koloid</b> .....	13
<b>2.9 Kapur</b> .....	14

2.10 Analisis Spektrofotometri Visible .....	15
2.11 Pengompleks Kurkumin .....	18
2.12 Metode Validasi .....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.2.1 Alat.....	20
3.2.2 Bahan .....	20
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
3.2 Prosedur Penelitian .....	22
3.4.1 Preparasi sampel dan pembuatan larutan.....	22
3.4.2 Pengukuran kadar boron dalam <i>bittern</i> sebelum dikoagulasi.....	23
3.4.3 Optimasi pH pada jenis koagulan .....	23
3.4.4 Optimasi massa koagulan pada jenis koagulan.....	23
3.4.5 Optimasi waktu kontak pada jenis koagulan .....	24
3.4.6 Analisis menggunakan Spektrofotometri Visible .....	24
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Stabilitas Warna Kompleks Rosasianin .....	26
4.2 Panjang Gelombang Maksimal .....	27
4.3 Variasi Penurunan Kadar Boron.....	28
4.3.1 Penurunan Kadar Boron dengan variasi pH .....	28
4.3.2 Penurunan massa boron dengan variasi massa koagulan.....	31
4.2.3 Penurunan massa boron dengan variasi waktu kontak .....	33
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kandungan Mineral pada Bittern Beberapa Sumber .....	7
2.2 Jenis koagulan dengan rentang pH .....	15

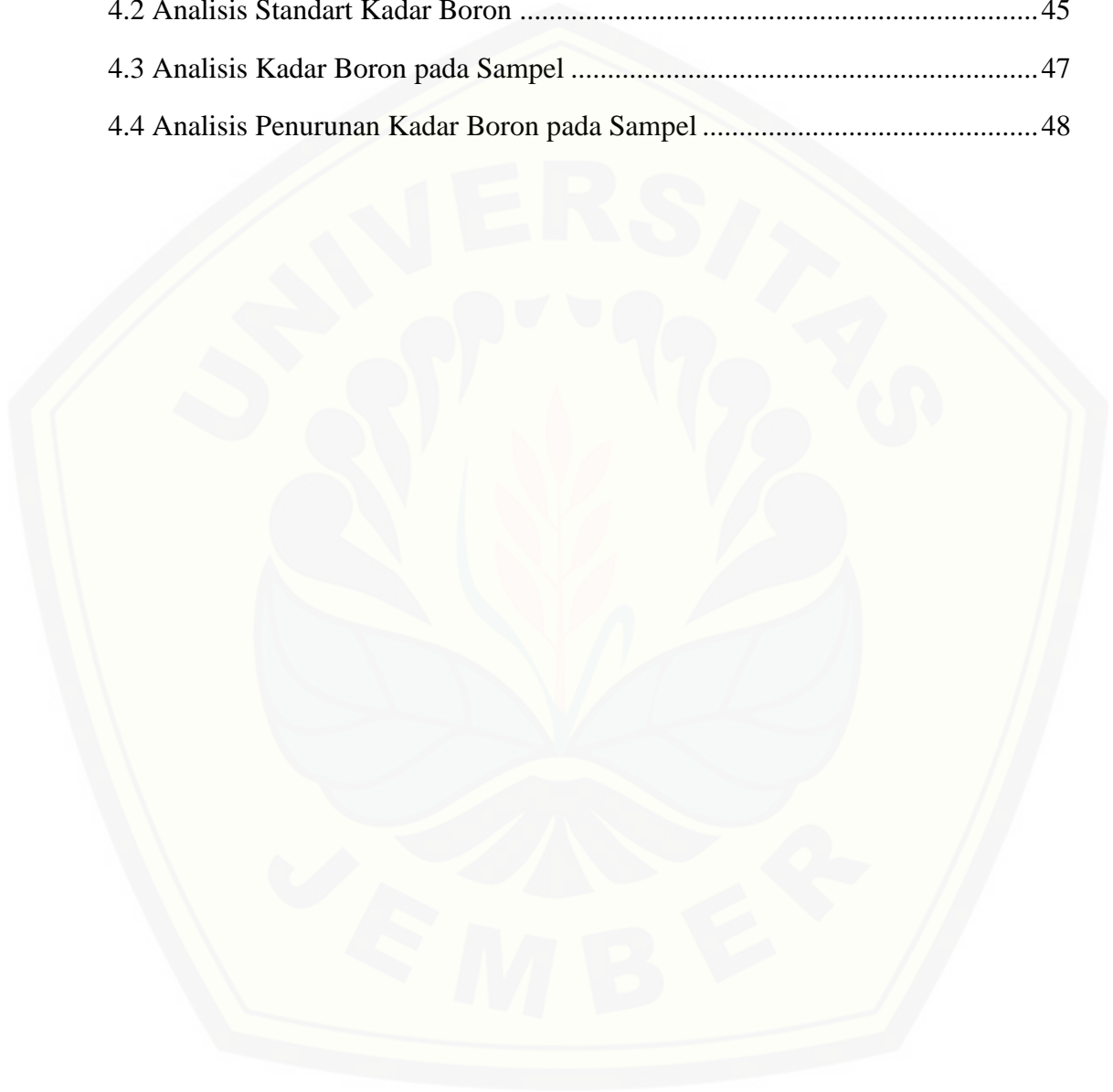


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Penggaraman dengan Konstruksi Tangga.....	4
2.2 Penggaraman dengan Konstruksi Komplek Meja.....	5
2.3 Fasa Kristalin Asam Borat .....	9
2.4 Fraksi dari asam borat $B(OH)_3$ dan $B(OH)_4^-$ .....	10
2.5 Distribusi Molekul Asam Borat $B(OH)_3$ dan Ion Borat $B(OH)_4^-$ di Air Laut .....	11
2.6 Struktur Kurkumin .....	18
2.7 Kompleks Rosasianin.....	19
3.1 Diagram Penelitian.....	21
4.1 Hasil Kestabilan Warna Kompleks Rosasianin.....	26
4.2 Hasil Scanning Larutan Standart Boron.....	27
4.3 Kurva Kalibrasi Larutan Standart Boron .....	28
4.4 Hasil Optimasi pH pada penurunan Kadar Boron di <i>Bittern</i> .....	30
4.5 Hasil Optimasi Massa Koagulan pada Penurunan Kadar Boron di <i>Bittern</i> .....	32
4.6 Hasil Optimasi Waktu Kontak pada Penurunan Kadar Boron di <i>Bittern</i> ...	34

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
4.1 Perhitungan Pembuatan Larutan .....	42
4.2 Analisis Standart Kadar Boron .....	45
4.3 Analisis Kadar Boron pada Sampel .....	47
4.4 Analisis Penurunan Kadar Boron pada Sampel .....	48





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah air garam (*bittern*) merupakan cairan pekat yang didapatkan dari sisa kristalisasi pada proses pembuatan garam. *Bittern* terdapat pada lapisan atas endapan garam. Jumlah air laut sebanyak 50 m<sup>3</sup> dan menghasilkan *bittern* sebanyak 1,9 m<sup>3</sup> (Manadiyanto dan Arthatiani, 2011). *Bittern* biasanya dijadikan sebagai bibit untuk membuat garam ulang tetapi sebagian besar dibuang kembali ke laut. *Bittern* dibuang oleh para petani tambak karena dianggap tidak mempunyai nilai jual. Hal tersebut juga dikarenakan rasanya yang pahit, disebabkan adanya endapan garam-garam magnesium yang lebih banyak.

*Bittern* mengandung mineral yang tidak ikut mengkristal membentuk garam, dikarenakan air laut tersebut sudah melampaui titik jenuhnya. Kadar mineral yang terkandung dalam *bittern* ini akan sangat berbeda tergantung dengan kondisi air laut yang dialirkan ke tambak pembuatan garam. Menurut Sudibyo dan Irma (2011) mineral dengan konsentrasi yang lebih banyak dalam *bittern* antara lain yaitu magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), khlor (Cl), dan boron (B). Kandungan mineral dalam *bittern* selain dapat dimanfaatkan sebagai koagulan dalam pembuatan tahu (Nugrahani, 2014), sebagai *prototype* pupuk multinutrient (Nadia *et al.*, 2015), dijadikan *struvite* (Iswahyudi *et al.*, 2013) juga dapat diolah menjadi konsentrat air mineral. Konsentrat air mineral ini digunakan untuk menambah kandungan mineral pada air minum. Namun konsentrasi boron yang berlebih dalam *bittern* akan membahayakan tubuh jika dikonsumsi melebihi ambang batas.

Konsentrasi boron yang ada dalam *bittern* sebesar 87,28 mg/L (Sudibyo dan Irma, 2011) sedangkan konsentrasi boron yang diperbolehkan dalam air minum 0,1-0,5 mg/L (Menteri Kesehatan, 2010). Saran air minum yang dikonsumsi perhari yaitu 2 L, sehingga diasumsikan kadar boron yang dikonsumsi dalam sehari yaitu 0,2-1,0 mg/2L. Asupan boron yang diperbolehkan dalam tubuh yaitu 0,4 mg/ kg berat badan (WHO, 1998). Boron yang ada masuk



ke dalam tubuh sebagian akan diekskresikan melalui urin. Boron diekskresikan dalam tubuh dalam waktu 1-3 minggu, sehingga konsumsi boron yang berlebihan dan dikonsumsi terus menerus akan terjadi penumpukan dalam tubuh (Nielsen, 2006). Konsumsi boron jika melebihi batasnya akan menyebabkan berbagai iritasi pada organ ekskresi hingga keracunan.

Metode yang digunakan untuk menurunkan boron ada beberapa yaitu adsorpsi, pertukaran ion, reverse osmosis, elektrokoagulasi dan pengendapan (Xu dan Jian, 2008). Metode pengendapan yang digunakan yaitu koagulasi-flokulasi dengan koagulan yang biasa digunakan yaitu aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ ), feri klorida ( $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Koagulan kalsium dioksida biasanya disebut kapur.

Koagulan kapur ( $\text{CaO}$ ) dapat digunakan menurunkan kadar boron sebanyak 1100 mg/L menjadi 80 mg/L (92,72%) pada suhu 25°C (Xu dan Jian, 2008). Massa kapur ( $\text{CaO}$ ) yang ditambahkan sekitar 400-600 mg/L dengan pH akhir berada di bawah 10, waktu reaksi yang diperlukan yaitu 1-4 hari. Waktu yang diperlukan dapat lebih cepat jika suhu yang digunakan juga di naikkan (Xu dan Jian, 2008). Kondisi optimal penurunan boron dengan menggunakan koagulan  $\text{CaO}$  sebanyak 50g/L menggunakan suhu 90°C dan waktu reaksi yang digunakan yaitu 2 jam. Kadar boron mengalami penurunan dari 700 mg/L menjadi 50 mg/L (92,85%) (Remi, 2005). Berdasarkan beberapa penelitian tersebut koagulan kapur dapat digunakan dalam penurunan boron dengan efektivitas 92,72% - 92,85%.

Menurut Day dan Underwood (2002) faktor-faktor yang akan mempengaruhi metode koagulasi-flokulasi yaitu temperatur, pengaruh pH, dosis koagulan, pengadukan. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kapur berbentuk  $\text{CaO}$  dan  $\text{CaCO}_3$ . Metode koagulasi-flokulasi menggunakan kapur dipilih karena pengaplikasiannya sederhana dan murah. Residu berupa endapan yang mengandung boron dapat dimanfaatkan sebagai salah satu komposisi pupuk, karena boron salah satu multinutrien yang dibutuhkan oleh tumbuhan.

Penelitian ini akan melakukan kajian mengenai penurunan boron yang ada pada *bittern* dengan beberapa faktor seperti pengaruh massa koagulan, waktu

kontak, dan variasi pH. Tahap penelitian ini terdiri dari preparasi sampel, pengukuran massa boron dalam *bittern* sebelum dikoagulasi, optimasi pH pada jenis koagulan, optimasi massa pada jenis koagulan, optimasi waktu kontak pada jenis koagulan, analisis massa boron setelah dikoagulasi. Analisis yang dilakukan yaitu menggunakan spektrofotometri visibel dengan kurkumin sebagai pengompleks.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah penelitian ini diantaranya :

1. Berapakah pH, massa koagulan dan waktu kontak yang optimal untuk menurunkan massa boron dalam *bittern*. ?
2. Bagaimana efektifitas penurunan massa boron pada *bittern* dengan koagulan CaO dan CaCO<sub>3</sub> ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pH, massa koagulan dan waktu kontak yang optimal untuk menurunkan massa boron dalam *bittern*.
2. Mengetahui efektifitas penurunan massa boron dengan menggunakan koagulan CaO dan CaCO<sub>3</sub> dalam menurunkan massa boron pada *bittern*.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini yaitu :

1. Limbah air garam (*bittern*) yang digunakan diambil dari tambak garam Pangarengan, Sampang, Madura.
2. Koagulan yang digunakan adalah CaCO<sub>3</sub> dan CaO.

### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi cara untuk menurunkan massa boron yang ada pada *bittern*.

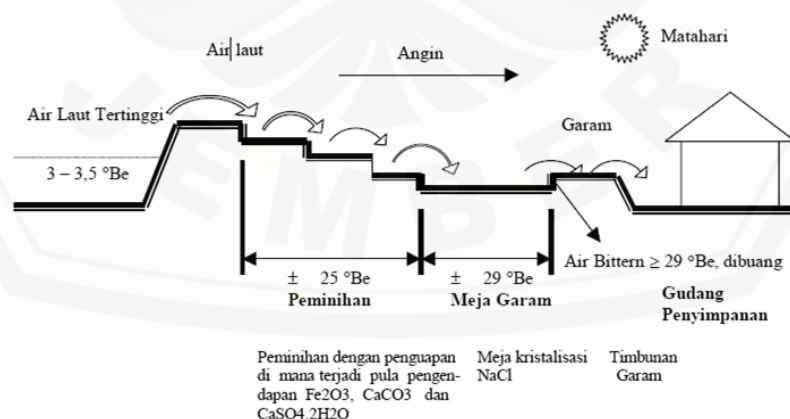
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Garam

Garam merupakan kumpulan suatu senyawa kimia yang bagian utamanya adalah natrium klorida (NaCl) dengan zat-zat pengotor yang terdiri dari  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ , dan sebagainya (Marihati dan Muryati, 2008). Proses pengolahan garam didapatkan dengan melalui beberapa cara, yaitu melalui proses penguapan air laut dengan bantuan sinar matahari, penambangan batuan garam (*rock salt*), dan dari sumur air garam (*brine*). Proses tersebut akan menghasilkan garam dengan komposisi yang berbeda-beda pula, tergantung lokasi didapatkan garam tersebut. Proses produksi garam yang umum dilakukan masyarakat Indonesia dengan metode penguapan air laut dengan bantuan sinar matahari. Proses dengan metode penguapan air laut ini merupakan proses paling mudah dikerjakan dengan biaya operasional yang paling rendah (Rositawati *et al.*, 2013)

Konstruksi penggaraman yang dilakukan di Indonesia ada dua macam, yaitu :

1. Konstruksi tangga (*getrapte*).



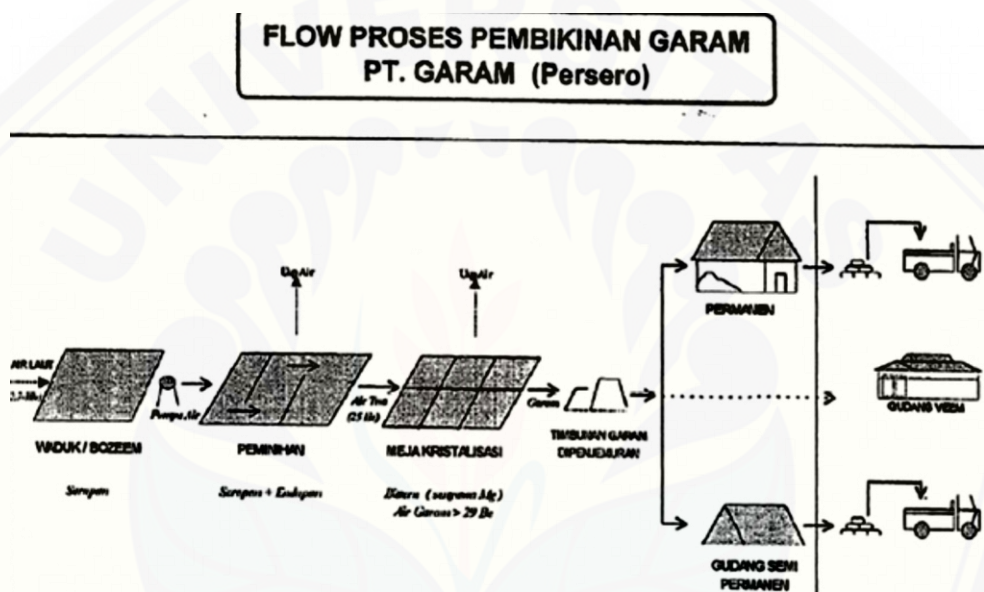
Gambar 2.1 Penggaraman dengan konstruksi tangga (Sumber :Santosa, 2014).

Konstruksi ini dirancang khusus dan teratur pada petak penggaraman yang merupakan rangkaian penggaraman yang komplit. Pembinaan-pembinaan yang

dilakukan dan meja garam dengan konstruksi tangga, sehingga aliran air berjalan secara alamiah yaitu berdasarkan gravitasi.

## 2. Konstruksi Komplek Meja (*table complex*)

Konstruksi penggaraman dengan suatu kompleks atau kelompok-kelompok yang luas dan letaknya tidak teratur (secara alamiah) dijadikan kelompok pembinaan secara kolektif. Air garam pekat yang dihasilkan akan dialirkan ke suatu meja untuk dikristalisasi (Santosa, 2014).



Gambar 2.2 Penggaraman dengan konstruksi kompleks meja (Sumber : Santosa, 2014). Pengaturan aliran dan tebal air dari pembinaan satu ketinggian berikutnya berkaitan faktor arah kecepatan angin dan kelembapan udara. Kadar atau kepekatan air tua yang masuk ke meja kristalisasi akan mempengaruhi mutu hasil. Proses kristalisasi garam konsentrasi air garam harus antara 25-29<sup>o</sup>Be (Santosa, 2014). Derajat baume (<sup>o</sup>Be), merupakan ukuran massa jenis zat cair digunakan untuk memberikan skala pada hidrometer (Hadiat, 2004). Konsentrasi air tua yang lebih dari 29<sup>o</sup>Be maka magnesium yang lebih banyak akan mengendap. Air *bittern* yang merupakan air sisa kristalisasi yang banyak mengandung garam-garam magnesium sehingga mempunyai rasa pahit. Air *bittern* ini langsung dibuang untuk mengurangi kadar magnesium dalam garam (Santosa, 2014).

Metode penguapan air laut ini membutuhkan penggunaan lahan yang cukup luas. Faktor yang mempengaruhi salah satunya yaitu laju penguapan. Laju penguapan bergantung pada kelembapan udara, kecepatan angin, dan laju energi matahari yang terabsorpsi. Proses pembuatan garam ini dilakukan pada musim kemarau. Lahan penguapan yang digunakan dialiri air laut dengan menggunakan pompa, dilahan inilah air laut diuapkan menjadi air tua. Air tua dialirkan ke meja kristalisasi sehingga nantinya garam akan mengkristal. Mutu yang dihasilkan garam dikendalikan dengan membuang atau memisahkan limbah air garamnya (*bittern*), yaitu hanya mengkristalkan garam pada kepekatan 25° sampai dengan maksimal 29° Be (Rositawati *et al.*, 2013).

## 2.2 Limbah Air Garam (*bittern*)

*Bittern* merupakan larutan sisa pembuatan garam dengan proses kristalisasi dan peningkatan konsentrasi pada air laut. *Bittern* berwarna kuning agak kecoklatan, letaknya diatas kristal garam yang telah terbentuk. *Bittern* juga biasanya bercampur tanah, pHnya berkisar 6-8. *Bittern* yang dianggap oleh petani garam tidak mempunyai manfaat biasanya langsung dibuang lagi ke laut. Petani garam menganggap bahwa *bittern* tersebut tidak mempunyai nilai karena mempunyai rasa yang pahit karena tingginya kadar magnesium. Mineral yang ada dalam *bittern* dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan mineral dalam tubuh. Limbah air garam masih memiliki kandungan mineral yang masih bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. *Bittern* tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan ekstrak suplemen minuman, makanan, koagulan tahu, dan pengawet ikan. *Bittern* sudah dimanfaatkan kan pada beberapa negara, salah satunya yaitu Jepang yang memproses *bittern* menjadi Nigarin. *Bittern* yang telah diproses menjadi nigarin telah banyak dimanfaatkan di Jepang dan Amerika Serikat. Nigarin mengandung magnesium 6% dan kalium 1,5-2%. Nigarin dapat dimanfaatkan sebagai pencegah penyakit jantung, hipertensi, diabetes, gangguan hati, dan migran. Nigarin juga mengurangi sembelit, memperkuat tulang (mencegah osteoporosis), mencegah endapan lemak dalam darah, mencegah pengerasan pembuluh darah dan stroke (Manadiyanto dan Arthanti, 2011).



### 2.3 Kandungan *Bittern*

Kandungan *bittern* ini berbagai macam mineral, baik mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dan mineral yang berbahaya bagi tubuh. Kandungan mineral yang tinggi pada *bittern* ini bermanfaat bagi tubuh jika diolah dengan benar. Mineral sangat penting dalam melakukan pengaturan fungsi-fungsi organ dalam tubuh manusia. Beberapa proses fisiologi dalam tubuh manusia diatur dan dijalankan oleh adanya kandungan mineral, seperti halnya proses kontraksi yang ada pada otot, konduksi impuls syaraf, keseimbangan asam-basa dalam darah, pasokan air mineral dalam tubuh, serta menjaga ritme detak jantung tetap stabil Abrams dan Atkinson (2003).

Jenis mineral yang ada pada kandungan air *bittern* yang mempunyai komposisi terbanyak dan diperlukan oleh tubuh antaranya yaitu, mineral kalsium (Ca), fosfor (P), sodium atau natrium (Na), kalium atau potasium (K), chlor (Cl), dan magnesium (Mg). Keenam jenis mineral ini dikategorikan sebagai mineral major karena kebutuhan asupan jumlah mineralnya direkomendasikan untuk diterima atau dikonsumsi dalam tubuh setiap individu manusia lebih dari 100 mg per hari (Murray *et al.*, 2000).

Tabel 2.1 Kandungan mineral pada *bittern*, dari PT garam Sumenep (Madura) dan perusahaan garam rakyat Lombok (NTB)

Parameter	Satuan	Air <i>bittern</i> PT Garam Sumenep (Madura)	Air <i>bittern</i> perusahaan garam rakyat (NTB)
pH	-	7,08	8,69
Magnesium (Mg)	mg/L	51,54	30,54
Natrium (Na)	mg/L	46,17	69,53
Kalium (K)	mg/L	14,49	7,78
Khlor (Cl)	mg/L	69,40	70,01
Boron (B)	mg/L	87,28	51,50

Sumber : Sudibyo dan Irma, 2011.

### 2.4 Boron

Boron merupakan unsur metaloid, unsur tersebut merupakan kelompok kimia yang mempunyai sifat antara logam dan nonlogam. Umumnya unsur metaloid bersifat cenderung ke arah nonlogam yaitu semikonduktor sedangkan logam mempunyai sifat konduktor. Boron berwujud padatan pada suhu kamar,

beberapa macam bentuk padatan dari boron yaitu kristal hitam, bubuk kuning yang amorf, dan berwarna coklat ketika dalam keadaan tidak murni (Kochkodan *et al.*, 2015).

Boron banyak ditemukan dalam batuan dan tanah, khususnya pada sedimen laut yang banyak mengandung tanah liat. Konsentrasi boron yang ada di lingkungan bervariasi dari 1-500 mg/kg, hal tersebut tergantung pada sifat batuan (Krauskopf, 1972). Boron biasanya ditemukan dalam alam berikatan dengan oksigen membentuk  $B_2O_3$ . Jumlah boron yang ada dalam perairan tergantung beberapa faktor, yaitu faktor alam dan faktor antropogenik (Neal *et al.*, 1998). Faktor alam meliputi pelapukan batuan dan limbah air garam (Jahiruddin *et al.*, 1998).

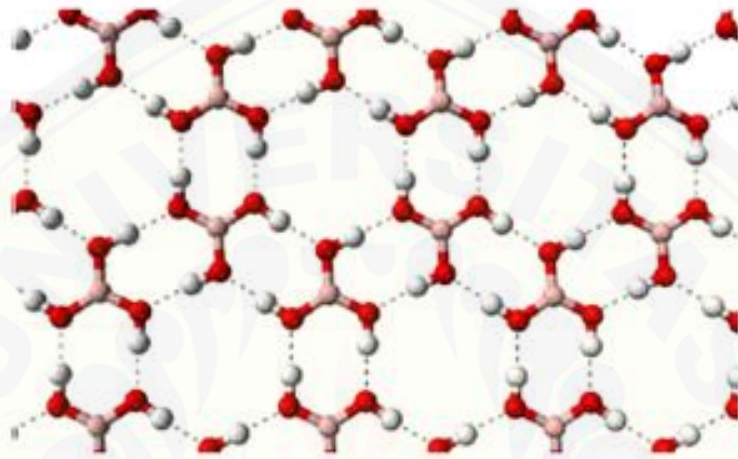
Faktor-faktor antropogenik meliputi pencemaran air dengan limbah boron dari industri keramik atau kaca dan metalurgi. Boron dibuang langsung ke lingkungan sebagai drainase dari bekas tambang batubara serta tempat pembuangan sampah dari industri pertambangan. Limbah domestik juga mengandung boron dengan konsentrasi yang bervariasi (Fox *et al.*, 2000). Boron juga terkandung dalam pupuk, karena boron yang ada dalam tanah merupakan mikronutrisi penting untuk tanaman. Akibatnya konsentrasi boron dalam pupuk ditingkatkan berkisar 0,01-0,06 wt.% (Brady, 2008). Total distribusi kandungan boron dalam lingkungan yaitu  $10^{15}$  kg dilautan,  $10^{11}$  kg di air tanah,  $10^{11}$  kg dalam es, dan  $10^8$  kg dalam air permukaan (Argust, 1998).

#### 2.4.1 Sifat Fisik Senyawa Boron dalam Air

Boron yang dilepaskan dari batuan dan tanah melalui proses pelapukan sehingga kemudian akan berakhir dalam perairan dalam bentuk asam borat  $B(OH)_3$  atau ion borat  $B(OH)_4^-$ . Kandungan boron dalam air limbah garam dalam bentuk asam borat  $B(OH)_3$ . Boron diturunkan dari ketiga asam borat yaitu asam ortoborat ( $H_3BO_3$ ), asam piroborat ( $H_2B_4O_7$ ), dan asam meta borat ( $HBO_2$ ). Asam ortoborat merupakan nama lain dari asam borat yang merupakan zat padat dengan kristalin berwarna putih, sedikit larut dalam air dingin. Asam borat merupakan asam yang lemah, garam-garam yang larut akan terhidrolisis dalam larutan dan



karenanya bereaksi basa (Svehla, 1985). Kristal asam borat terdiri dari lapisan molekul  $\text{H}_3\text{BO}_3$  berikatan dengan ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen digambarkan garis putus-putus pada gambar 2.5. Panjang ikatan B-O 136 pm dan O-H 97 pm dengan ikatan hidrogen 272 pm (Kochkodan *et al.*, 2015).

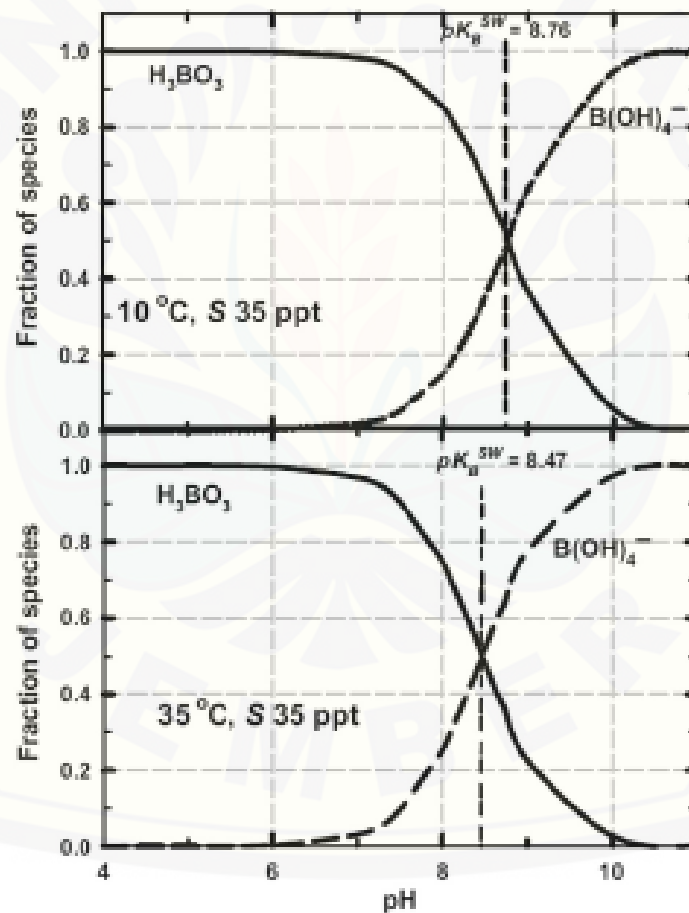


Gambar 2.3 Fasa kristalin asam borat terdiri dari layer-layer molekul  $\text{B}(\text{OH})_3$  yang diikat oleh ikatan hidrogen (Sumber : Kochkodan *et al.*, 2015).

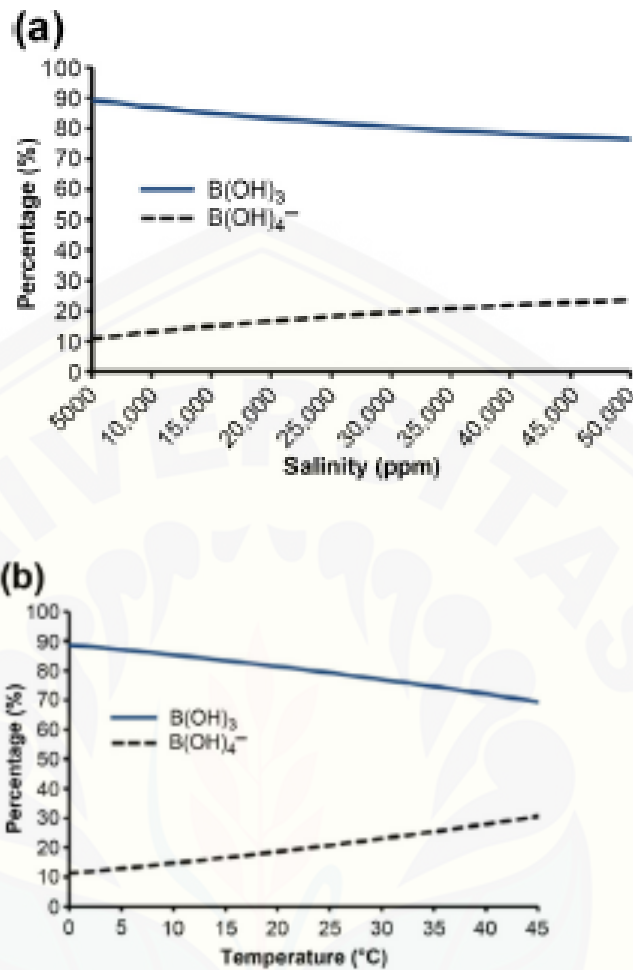
#### 2.4.2 Disosiasi Asam Borat dalam Air

Asam borat merupakan asam yang lemah dan tidak berdisosiasi dalam larutan sebagai asam Bronsted tapi bertindak sebagai asam Lewis dengan menerima ion hidroksil untuk membentuk ion tetrahidroksiborat. Bentuk dominan dari boron anorganik dalam sistem yang berair yaitu asam borat  $\text{B}(\text{OH})_3$  dan ion borat  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ . Reaksi boron dengan oksigen akan membentuk oksida yang bersifat asam. Pembentukan dua komponen ini tergantung pada konstan disosiasi ( $K_a$ ) pertama dari asam borat. Disosiasi konstan yang pertama sebesar  $5,8 \times 10^{-10}$  mol/L didalam air dengan suhu  $25^\circ\text{C}$ , kemudian untuk disosiasi yang kedua  $1,8 \times 10^{-13}$  dan untuk disosiasi yang ketiga sebesar  $3 \times 10^{-14}$ . Kelarutan asam borat dalam air akan meningkat dengan cepat ketika suhu tinggi. Asam borat pada pKa yang lebih tinggi akan sedikit mengalami disosiasi karena sudah dalam keadaan netral atau sudah dalam keadaan pH yang rendah. Nilai pKa pada asam borat dipengaruhi oleh pH, kekuatan ion dan temperatur dari larutan. Parameter yang

penting dalam distribusi asam borat, dapat dilihat dari rasio molekul asam borat menjadi ion borat dalam air. Anion  $B(OH)_4^-$  mendominasi pada nilai pH yang tinggi sementara asam borat  $B(OH)_3$  mendominasi pada pH yang rendah. Distribusi anion  $B(OH)_4^-$  dan  $B(OH)_3$  yang digambarkan pada gambar 2.4 menggunakan temperatur 10 dan 35°C. Kinetika yang terjadi antara asam borat dan anion asam tetraborat pada variasi temperatur dan kekuatan ion pada larutan. Gambar 2.4 juga menggambarkan persebaran  $B(OH)_3$  dan  $B(OH)_4^-$  dengan peningkatan salinitas dan temperatur air laut (Kochkodan *et al.*, 2015).



Gambar 2.4 Fraksi dari asam borat  $B(OH)_3$  dan  $B(OH)_4^-$  sebagai fungsi pH air laut dengan salinitas 35%. Gambar atas menunjukkan temperatur 10°C dan gambar yang bawah menunjukkan temperatur 35°C (Sumber : Kochkodan *et al.*, 2015).



Gambar 2.5 Distribusi molekul asam borat  $B(OH)_3$  dan ion borat  $B(OH)_4^-$  di air laut pada perbedaan salinitas (a) serta perbedaan temperatur (b) (Sumber : Kochkodan *et al.*, 2015).

## 2.5 Koagulasi

Koagulasi adalah penggumpalan partikel koloid dan membentuk endapan. Partikel-partikel koloid ini tidak dapat mengendap sendiri dan sulit diatasi oleh perlakuan fisik. Melalui proses koagulasi, partikel koloid ditiadakan sehingga terbentuk flok-flok kecil yang kemudian dapat disatukan dengan proses flokulasi. Penggoyahan partikel koloid ini akan terjadi apabila elektrolit yang ditambahkan dapat diserap oleh partikel koloid sehingga muatan partikel menjadi netral. Koagulasi secara fisik melalui proses seperti pemanasan, pendinginan, dan pengadukan sedangkan koagulasi secara kimia seperti penambahan elektrolit, pencampuran koloid yang berbeda muatan. Proses penambahan bahan kimia ke

dalam air untuk penggabungan partikel koloid sehingga partikel kecil menjadi agregat yang lebih besar. Koagulasi mengadsorb material organik terlarut sehingga membentuk agregat dan mengendap membentuk flok. Faktor yang mempengaruhi untuk menghasilkan koagulasi :

#### 1. Pengontrolan pH

Derajat keasaman (pH) mempengaruhi pembentukan flok pada proses koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi yang dilakukan tidak pada rentang pH optimal, maka akan mengakibatkan gagalnya pembentukan flok (Wardani, 2009).

#### 2. Temperatur

Temperatur yang rendah akan berpengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Temperatur yang diturunkan, maka besarnya pH yang optimum pada proses koagulasi akan berubah (Rahimah, 2016).

#### 3. Dosis Koagulan

Dosis koagulan yang ditambahkan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses koagulasi. Dosis yang tepat diperlukan agar koagulasi berjalan secara efektif. Jika dosis kurang, maka tidak akan terbentuk flok. Jika dosis berlebihan juga dapat menyebabkan flok terdestabil kembali (Romadhon, 2016)

#### 4. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Proses pengadukan yang perlu diperhatikan yaitu harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel atau ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok, bila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok yang terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok (Rahimah, 2016).

### **2.6 Flokulasi**

Flokulasi adalah pengadukan perlahan terhadap larutan flok mikro yang menghasilkan flok mikro besar kemudian mengendap secara cepat. Proses flokulasi ada dua jenis yaitu,

- a. Flokulasi perikinetik flok yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal (panas) yang dikenal sebagai gerak brown, prosesnya disebut flokulasi perikinetik. Gerak acak dari partikel-partikel koloid yang ditimbulkan karena adanya tumbukan molekul-molekul air sehingga akan mengakibatkan terjadinya gabungan antar partikel sangat kecil  $1 < 100$  milimikron.
- b. Flokulasi orthokinetik merupakan suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan gerak air misalnya pengadukan. Kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Kecepatan yang berubah dari satu titik lainnya dikenal dengan gradien kecepatan. Adanya perbedaan kecepatan aliran akan mempengaruhi terjadinya tumbukan atau kontak antar partikel (Rahimah, 2016).

## 2.7 Koagulan

Koagulan merupakan zat kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel didalam suspensi. Koloid umumnya mempunyai muatan yang negatif sehingga hal tersebut yang menyebabkan tidak dapat terendap dengan sendirinya. Koagulan yang ditambahkan pada partikel koloid yang mampu menetralkan muatan negatif dari partikel koloid. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilkan muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Proses penambahan koagulan tujuannya untuk memperbaiki pembentukan flok. Efektivitas koagulan artinya yaitu tingkat keberhasilan suatu koagulan dalam mengurangi kadar boron dari limbah air garam. Jumlah zat pencemar yang berkurang maka akan menunjukkan semakin tinggi tingkat efektivitasnya (Romadhon, 2016).

## 2.8 Koloid

Koloid merupakan campuran antara dua zat, fase dispersi yang membentuk partikel halus dan zat pendispersi yang masing-masing zat padat berbentuk gas, cair, atau padat. Koloid mempunyai ukuran antara  $1\mu\text{m}$ - $1\text{nm}$ . Perbandingan antara permukaan dengan volume membuat koloid dapat menyerap ion-ion bebas. Penyerapan ion-ion bebas ini meningkatkan nilai elektronik koloid pada permukaan yang memiliki gaya tolak. Hal ini menyebabkan koloid stabil dalam



larutan. Koloid hidrofobik biasanya terbentuk dari senyawaan organik dengan ikatan R-NH<sub>2</sub> atau R-OH. Bagian elektronegatif akan menyebabkan adanya ikatan hidrogen dengan molekul air (Wijayanti, 2006).

Koloid hidrofilik berasal dari senyawaan mineral. Dasarnya koloid tidak bersifat 100% hidrofilik atau 100% hidrofobik, namun presentasinya tergantung pada unsur-unsur penyusun molekulnya. Muatan negatif menyebabkan partikel-partikel yang berdampingan saling tolak-menolak dan mencegah terjadinya penggumpalan atau flokulasi. Muatan koloid cenderung tetap berada dalam keadaan diskret, dispersi, dan dalam suspensi. Muatan tersebut akan secara signifikan distabilkan sehingga koloid akan saling berdekatan. Awalnya akan membentuk grup-grup kecil kemudian berkelompok menjadi besar dan akhirnya berubah menjadi partikel-partikel flok *visible* yang menggumpal lebih cepat dan mudah di saring (Wijayanti, 2006).

## 2.9 Kapur

Kapur berasal dari batu kapur dengan kandungan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Proses pemanasan dengan suhu yang tinggi sekitar 980°C akan menyebabkan karbon dioksidanya keluar dan tertinggal CaO. Susunan kimia maupun sifat bahan dasar ini berbeda dari tempat asal batu kapur satu dengan yang lain. Asal batu kapur dalam satu tempat kandungannya belum tentu akan sama. Kalsium oksida (CaO) biasanya disebut dengan *quicklime* (Puslitbang Pemukiman, 1982). CaO merupakan bahan yang mudah larut dalam air menghasilkan gugus hidroksil dan membentuk senyawa Ca(OH)<sub>2</sub>. Kapur (*lime*) secara umum terdapat dalam dua bentuk CaO dan Ca(OH)<sub>2</sub> yang mempunyai sifat basa. Kapur dapat digunakan dalam bidang kesehatan lingkungan yaitu pengolahan air kotor dengan mengurangi kandungan bahan-bahan organik. Kapur juga dapat digunakan untuk pengolahan air limbah maupun industri (Rahimah, 2016).

Jenis-jenis kapur, dapat di klasifikasikan dalam beberapa jenis,

- a. Batu kapur (CaCO<sub>3</sub>), merupakan batu kapur yang terdapat di alam.

- b. Kapur tohor ( $\text{CaO}$ ), merupakan hasil pembakaran batu alam yang komposisinya sebagian besar berupa kalsium karbonat.
- c. Kapur padam ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), merupakan hasil pemadaman kapur tohor dengan air sehingga membentuk hidrat.
- d. Kapur udara, merupakan kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida.
- e. Kapur hidrolis, merupakan kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu akan mengeras.

(Puslitbang Pemukiman, 1982).

Kapur merupakan jenis koagulan yang dapat digunakan dalam limbah cair dengan kadar alkali yang tinggi serta kandungan kalsium dan oksigen. Fungsi lain dari kapur ini selain sebagai koagulan juga digunakan sebagai bahan alkalinitas dan penyesuaian pH. Kapur yang merupakan koagulan anorganik banyak digunakan dalam pengolahan air minum dan pasokan air pada industri. Jenis koagulan yang biasanya digunakan yaitu pada tabel 2.2 (Risdianto, 2007).

Tabel 2.2 Jenis koagulan dengan rentang pH

Zat Kimia	Rentang pH
Kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ )	9,0-11,0
Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ )	4,5-7,0
Feri klorida ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	4,0-7,0

Sumber: Risdianto, 2007.

### 2.10 Analisis Spektrofotometri Visibel

Spektrofotometri merupakan metode yang digunakan untuk menentukan komposisi sampel secara kuantitatif maupun kualitatif berdasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Spektrofotometer merupakan instrumen yang digunakan dalam spektrofotometri. Spektrofotometer UV-Vis memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet (190-380) dan sinar tampak (visibel) (380-780) (Khopkar, 2003). Metode ini berdasarkan pada pengukuran fraksi cahaya yang diserap analit. Prinsip yang digunakan metode ini yaitu, seberkas sinar dilewatkan pada analit kemudian setelah melewati analit, intensitas cahaya akan berkurang sebanding dengan banyaknya cahaya yang diserap molekul analit. Intensitas cahaya sebelum dan sesudah melewati bahan diukur dan dapat ditentukan



konsentrasi bahan yang diukur (Harjadi, 1993). Analit akan menyerap panjang gelombang tertentu dan jumlah cahaya yang diserap oleh analit menghasilkan suatu signal elektrik kemudian ditangkap oleh detektor. Cahaya yang diserap oleh analit diukur sebagai absorbansi (A) dan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmitansi (T) dan akan dinyatakan dengan hukum lambert-beer,

$$A = -\log T \quad (2.1)$$

A yang merupakan absorbansi dan T merupakan transmittan (Day dan Underwood, 2002).

Spektrofotometer ini penggunaannya sangat luas baik untuk menganalisa kualitatif maupun kuantitatif. Spektrofotometer terdiri dari :

a. Sumber radiasi

Sumber cahaya berasal dari lampu Deuterium (HO) untuk UV dengan panjang gelombang 180-400 nm dan lampu tungsten (wolfram) untuk Vis dengan panjang gelombang 400-800 nm.

b. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi sebagai penyeleksi cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Monokromator memisahkan radiasi cahaya putih polikromatis sehingga menjadi cahaya monokromatis (mendekati monokromatis).

c. Kuvet

Tempat yang digunakan untuk menempatkan larutan yang akan dianalisis.

d. Detektor

Alat yang digunakan untuk mengubah energi radiasi yang jatuh mengenainya menjadi suatu besaran yang dapat diukur.

e. Amplifier

Alat yang digunakan untuk memperkuat sinyal listrik

f. Rekorder

Alat yang berfungsi untuk mencatat yang di dapat berupa gambar atau angka.

Persyaratan bahwa suatu sampel dapat dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis yaitu bahan mempunyai gugus kromofor, bahan tidak mempunyai gugus kromofor tapi berwarna, bahan tidak mempunyai gugus

kromofor dan tidak berwarna maka ditambahkan pereaksi warna (Vis), bahan tidak mempunyai gugus kromofor dibuat turunannya yang mempunyai gugus kromofor (UV)

(Day dan Underwood, 2002).

Dasar dari metoda ini yaitu karena adanya perubahan sifat fisikokimia dari bahan yang akan dianalisis dengan mengetahui serapannya terhadap energi cahaya. Spektrum UV- Vis merupakan hasil interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan molekul. Radiasi elektromagnetik merupakan bentuk energi radiasi yang mempunyai sifat gelombang dan partikel (foton). Sifatnya yang sebagai gelombang maka beberapa parameter perlu diketahui misalnya panjang gelombang ( $\lambda$ ), frekuensi ( $\nu$ ), bilangan gelombang, dan serapan (A). Radiasi elektromagnetik mempunyai vektor listrik dan vektor magnet yang bergetar dalam bidang yang tegak lurus pada arah perambatan radiasi.

Cahaya monokromatis atau bukan monokromatis jatuh pada medium homogen maka sebagian dari cahaya ini akan dipantulkan, sebagian akan diabsorpsi dan sisanya akan diteruskan, dinyatakan dalam persamaan 2.2.

$$I_o = I_r + I_a + I_t \quad (2.2)$$

Dimana :

$I_o$  = intensitas cahaya yang datang

$I_r$  = intensitas cahaya yang dipantulkan

$I_a$  = intensitas cahaya yang diserap

$I_t$  = intensitas cahaya yang diteruskan

Hukum Lambert telah menyatakan bahwa fraksi penyerapan sinar tidak bergantung dari intensitas sumber cahaya. Hukum Beer menyatakan bahwa penyerapan sebanding dengan jumlah molekul yang menyerap (Sudjadi, 1983).

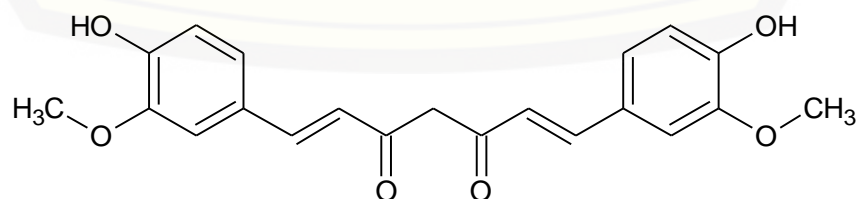
Spektroskopi ruang lingkupnya diperluas dengan menggunakan reaksi warna. Reaksi warna tersebut akan menjadikan peningkatan sensitivitas atau selektivitas. Reaksi warna digunakan untuk memodifikasi spektrum dari molekul pengabsorpsi sehingga dapat dideteksi pada daerah visibel, dan terpisah dari senyawa pengganggu lain yang memiliki serapan didaerah UV. Modifikasi kimia ini dapat digunakan untuk mengubah molekul yang tidak mengabsorpsi menjadi

senyawa turunan yang stabil dengan memiliki serapan bermakna. Panjang gelombang absorpsi spektrum maksimum disebut dengan panjang gelombang maksimal. Pengukuran ditunjukkan untuk menghitung jumlah senyawa dalam sampel. Konsentrasi yang semakin tinggi maka akan lebih banyak cahaya yang diabsorpsi oleh sampel (Day dan Underwood, 2002).

### 2.11 Pengompleks Kurkumin

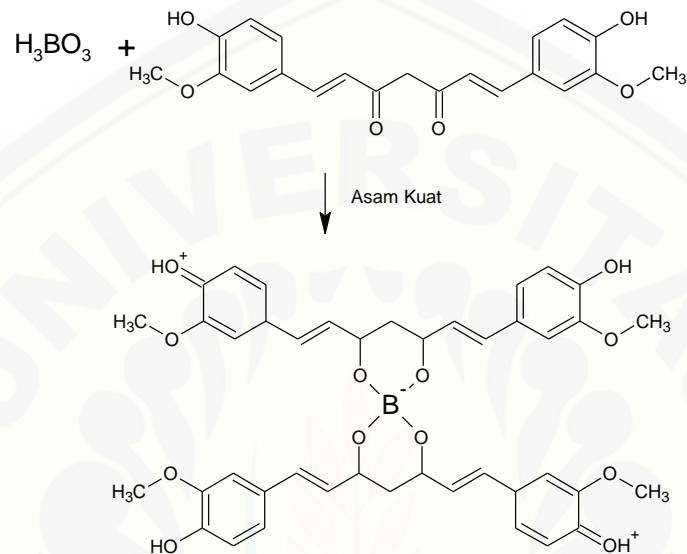
Kurkumin dengan rumus molekul  $C_{12}H_{20}O_6$ , mempunyai berat molekul 368,39 g/mol. Titik lelehnya  $179^{\circ}C-182^{\circ}C$ . Kurkumin adalah kandungan senyawa alam yang terdapat pada tanaman *Curcuma longa L*, nama lain dari tanaman ini yaitu *Curcuma domestica Val*. Nama daerah dari tanaman ini biasanya disebut dengan kunyit, kunir maupun temu kuning tergantung asal daerah tersebut. Kunyit merupakan tanaman yang potensial menghasilkan kurkumin. Kurkumin ini mempunyai manfaat yang bagus dalam kesehatan. Rimpang kurkumin bermanfaat sebagai anti koagulan, menurunkan tekanan darah, obat cacing, gatal-gatal, diare dan reumatik. Kandungan kurkumin didalam kunyit sekitar 3-4% (Joe *et al.*, 2004).

Bentuk dari kurkumin ini dalam keadaan murni yaitu kristal. Kristalnya berbentuk batang atau prisma berwarna kuning jingga. Larut dalam etanol dan asam asetat glasial, tidak dapat larut dalam air. Kurkumin dalam larutan alkali berwarna merah kecoklatan kemudian dalam larutan asam akan berwarna kuning (Rusli, 2009). Kurkumin aman dan tidak toksik bila dikonsumsi manusia. Jumlah kurkumin yang aman dikonsumsi manusia yaitu 100 mg/hari (Kristina, 2007). Struktur kurkumin pada gambar 2.6,



Gambar 2.6 Struktur kurkumin (Sumber : Anonim, 2013)

Kurkumin merupakan zat alam yang biasanya digunakan untuk zat pewarna dan kosmetik. Kurkumin akan bereaksi dengan asam borat membentuk kompleks kelat rosasianin yang berwarna merah (Roth,1978). Kompleks rosasianin berwarna merah yang stabil dan spesifik digunakan untuk mengetahui kadar boron. Reaksi ini berlangsung dalam suasana asam. Struktur rosasianin pada gambar 2.7,



Gambar 2.7 Kompleks rosasianin (Sumber : Harimurti dan Fajriana, 2016)

## 2.12 Metode Validasi

Validasi metoda analisis merupakan tindakan penilaian terhadap parameter berdasarkan percobaan untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi syarat. Parameter tersebut yaitu kecermatan (*Accuracy*). Kecermatan merupakan kedekatan hasil penetapan yang diperoleh dengan hasil yang sebenarnya. Kecermatan dinyatakan sebagai hasil perolehan kembali dari analit yang ditambakk (Gandjar, 2009). Hal ini dikarenakan semakin kompleksnya penyiapan sampel dan semakin sulitnya metode analisis yang digunakan. Recovery yang diperbolehkan semakin rendah atau kisaran yang semakin lebar. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\% \text{ perolehan kembali} = \frac{\text{kadar hasil analisis}}{\text{kadar sesungguhnya}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

(Harmita, 2006)

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analitik dan Laboratorium Organik. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Mei 2017 hingga Agustus 2017.

### 3.2 Alat dan Bahan

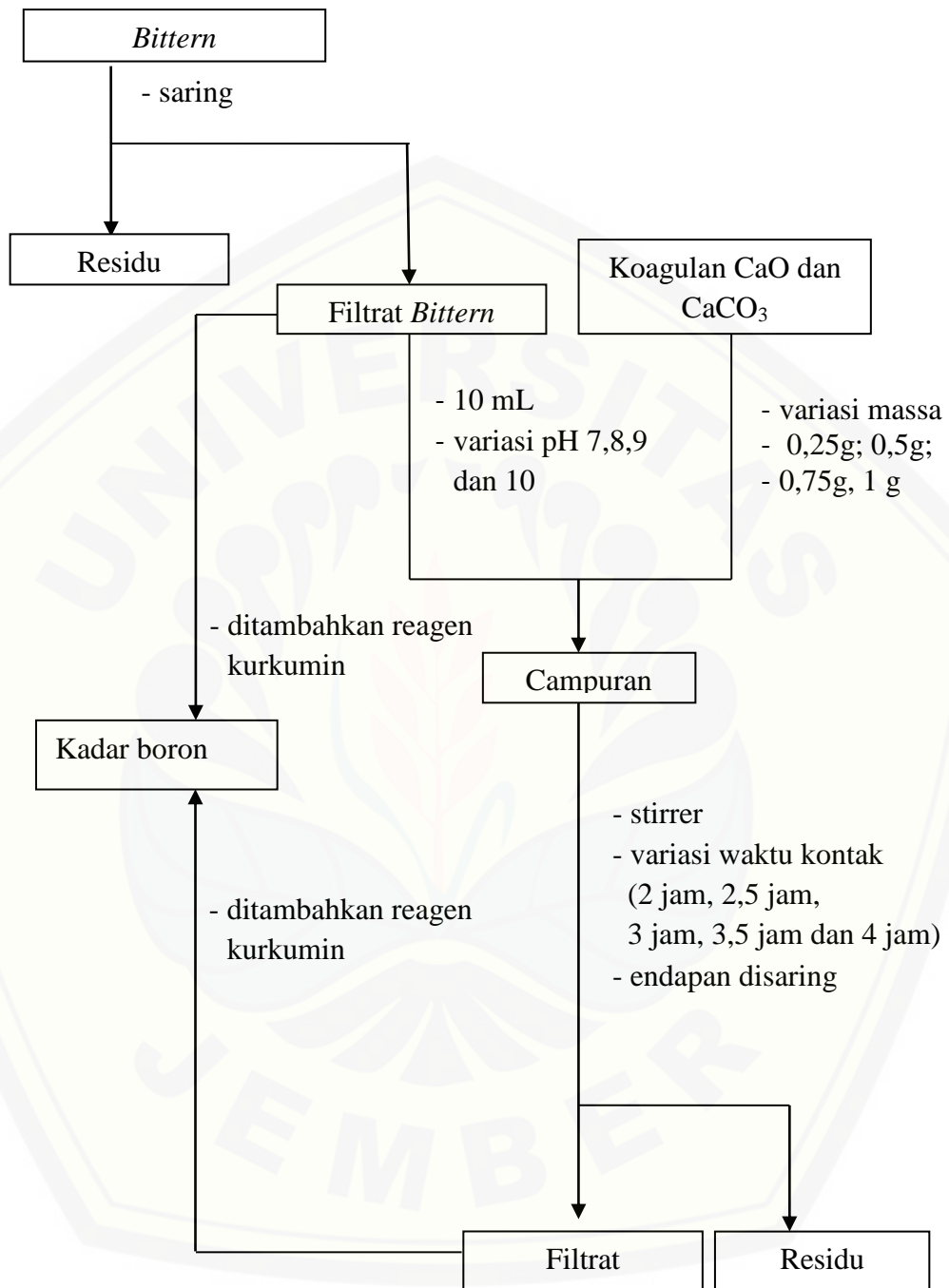
#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu gelas beaker 50 mL ;100 mL, gelas ukur 10 mL, pipet tetes, labu ukur 10 mL; 25 mL; dan 100 mL, pipet mohr 1 ml; dan 10 mL, neraca analitik, corong, kaca arloji, kertas saring, termometer, pH meter, pengaduk, stirrer, dan spektrofotometri visibel.

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu diantaranya air limbah tambak garam (*bittern*),  $\text{CaCO}_3$  (*merck*),  $\text{CaO}$  (*merck*),  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (*merck*),  $\text{NH}_3$  28% (*merck*), asam borat (*merck*), akuades, asam oksalat (*merck*), asam klorida 37% (*merck*), etanol 96% (*merck*), dan kurkumin.

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram penelitian



### 3.2 Prosedur Penelitian

Tahap penelitian ini terdiri dari preparasi sampel, pengukuran kadar boron dalam bittern sebelum dikoagulasi, optimasi pH pada jenis koagulan, optimasi massa pada jenis koagulan, optimasi waktu kontak pada jenis koagulan, analisis massa boron setelah dikoagulasi.

#### 3.4.1 Preparasi sampel dan pembuatan larutan

a. Limbah air garam (*bittern*) yang didapatkan disaring dari pengotornya. Filtrat diukur pHnya terlebih dahulu.

b. Pembuatan larutan buffer ammonium

Larutan buffer ammonium yaitu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan konsentrasi 0,1 M sebanyak 50 mL ditambahkan dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  konsentrasi 0,1 M sebanyak 30 mL ( $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ). Kedua larutan dicampurkan perlahan hingga mendapatkan pH 9, pH dikontrol dengan menggunakan pH meter. Selanjutnya buffer ammonium divariasikan pHnya 7, 8, dan 10.

c. Pembuatan larutan pengompleks

Larutan pengompleks dibuat dengan menambahkan kurkumin sebanyak 40 mg ke dalam 5,0 gram asam oksalat ditambahkan etanol 96% hingga larut. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan 4,2 mL asam klorida pekat (37%). Larutan diencerkan dengan etanol 96% sampai tanda batas (Suhendra, 2013).

d. Pembuatan larutan standar boron

Larutan standar boron 100 ppm dibuat dari asam borat sebanyak 0,057 g dilarutkan dengan sedikit akuades panas sampai larut kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan standart tersebut dipipet masing-masing 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 dan 3,5 mL diencerkan ke dalam labu ukur 10 mL, sehingga didapatkan larutan standart dengan konsentrasi 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 dan 35 ppm



#### 3.4.2 Pengukuran kadar boron dalam *bittern* sebelum dikoagulasi

Filtrat *bittern* yang sudah disaring diambil 10 mL ditambahkan buffer pH 8 sebanyak 10 ml dan distirrer. Larutan tersebut diambil 20  $\mu$ L ditambahkan dengan 0,8 mL kurkumin, kemudian diletakkan diatas penangas air dengan suhu  $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$  dengan digoyangkan selama  $\pm 15$  menit sampai terbentuk residu berwarna merah kecoklatan. Gelas beaker diangkat dan didinginkan hingga suhu kamar kemudian ditambahkan etanol 96% sebanyak 2 mL, dimasukkan dalam labu ukur 5 mL. Larutan ditambahkan dengan etanol 96% hingga garis batas lalu dikocok agar homogen kemudian dianalisis dengan spektrofotometer (Suhendra, 2013). Larutan diukur dengan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang maksimum. Analisis yang dilakukan untuk mengetahui kadar boron mula-mula yang ada pada *bittern*.

#### 3.4.3 Optimasi pH pada jenis koagulan

Filtrat sebanyak 10 mL yang telah dikondisikan pada pH 7 dengan ditambahkan 10 mL buffer pH 7 . larutan tersebut ditambahkan 0,5 g koagulan CaO. Campuran distirrer dengan waktu kontak selama 2,5 jam. Hasilnya didiamkan sampai terbentuk endapan kemudian disaring. Filtrat yang dihasilkan ditambahkan pengompleks kurkumin dan dianalisis kadar boron dengan spektrofotometer. Absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menentukan persentase penurunan kadar boron. Penurunan kadar boron tertinggi merupakan pH optimalnya. Variasi pH yang digunakan yaitu 8, 9, dan 10. Cara yang sama dilakukan menggunakan koagulan  $\text{CaCO}_3$ .

#### 3.4.4 Optimasi massa koagulan pada jenis koagulan

Filtrat sebanyak 10 mL yang telah dikondisikan pH optimal 10 mL ditambahkan dengan 0,25 g massa koagulan CaO. Campuran di stirrer dengan waktu kontak 2,5 jam, hasilnya didiamkan sampai terbentuk endapan, kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan pengompleks kurkumin dan dianalisis kadar boron dengan spektrofotometer. Absorbansi yang diperoleh

digunakan untuk menentukan persentase penurunan kadar boron. Penurunan kadar boron tertinggi merupakan massa koagulan optimalnya. Variasi massa koagulan yang digunakan 0,5 g; 0,75 g; dan 1 g. Cara yang sama dilakukan menggunakan koagulan  $\text{CaCO}_3$ .

#### 3.4.5 Optimasi waktu kontak pada jenis koagulan

Filtrat sebanyak 10 mL yang telah dikondisikan pH optimal 10 mL dan ditambahkan massa koagulan  $\text{CaO}$  optimal kemudian dikontakkan selama 2 jam. Campuran di stirrer hasilnya didiamkan sampai terbentuk endapan, kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan pengompleks boron dan dianalisis kadar boron dengan spektrofotometer. Absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menentukan persentase penurunan kadar boron. Penurunan kadar boron tertinggi merupakan waktu kontak optimalnya. Variasi waktu kontak yang digunakan 2,5 jam; 3jam; 3,5 jam dan 4 jam. Cara yang sama dilakukan menggunakan koagulan  $\text{CaCO}_3$ .

#### 3.4.6 Analisis menggunakan Spektrofotometri Visibel

##### a. Stabilitas warna kompleks rosasianin

Larutan standar boron dengan konsentrasi 10 mg/L ditambahkan larutan buffer 8 sebanyak 10 mL. Kadua larutan tersebut distirrer kemudian diambil 20  $\mu\text{L}$  dan ditambahkan 0,8 mL kurkumin sebagai pengompleks. Kompleks yang terbentuk yaitu rosasianin. Kompleks rosasianin kemudian diukur selama 2 menit sekali dengan menggunakan satu panjang gelombang yaitu 500 nm. Hasil absorbansinya diamati, jika mengalami penurunan dan kenaikan secara tajam hal tersebut menandakan bahwa kompleks rosasianin sudah tidak stabil.

##### b. Scanning panjang gelombang

Scanning panjang gelombang untuk larutan standart dilakukan pada range 500-580 nm dengan interval 10. Larutan standart dengan konsentrasi 10 mg/L ditambahkan dengan 10 mL buffer pH 8, dimasukkan dalam gelas beaker sebanyak 20  $\mu\text{L}$  dan ditambahkan dengan 0,8 mL kurkumin kemudian diletakkan diatas penangas air dengan suhu  $55 \pm 2^\circ\text{C}$  sambil digoyangkan selama  $\pm 15$  menit sampai terbentuk residu berwarna merah kecoklatan. Gelas beaker diangkat dan

didinginkan sampai suhu kamar kemudian ditambahkan etanol 96% sebanyak 2 mL, dimasukkan dalam labu ukur 5 mL. Larutan ditambahkan dengan etanol 96% hingga garis batas lalu dikocok agar homogen kemudian dianalisis dengan spektrofotometer visibel (Suhendra, 2013).

c. Pembuatan kurva kalibrasi

Larutan standart boron dengan konsentrasi 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, dan 35 mg/L masing-masing sebanyak 10 mL diambahkan dengan 10 mL buffer pH 8 dan di *stirrer*. Kemudian larutan standart boron dimasukkan ke dalam gelas beaker masing-masing 20  $\mu$ L dan ditambahkan dengan pengompleks kurkumin sebanyak 0,8 mL kemudian diletakkan diatas penangas air dengan suhu  $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sambil digoyangkan selama  $\pm 15$  menit sampai terbentuk residu berwarna merah kecoklatan. Gelas beaker diangkat dan didinginkan sampai suhu kamar kemudian ditambahkan etanol 96% sebanyak 2 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL. Larutan ditambahkan dengan etanol 96% hingga garis batas lalu dikocok agar homogen (Suhendra, 2013). Larutan kemudian diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang maksimum sehingga akan diperoleh persamaan linier  $y = mx + C$ . Sumbu x yang merupakan konsentrasi larutan standar dan y yang merupakan absorbansinya.

d. Analisis kadar boron pada air limbah garam (*bittern*) setelah penambahan koagulan

Filtrat sampel diambil masing-masing 20  $\mu$ L dimasukkan dalam gelas beaker lalu ditambahkan dengan 0,8 mL kurkumin, kemudian diletakkan diatas penangas air dengan suhu  $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$  dengan digoyangkan selama  $\pm 15$  menit sampai terbentuk residu berwarna merah kecoklatan. Gelas beaker diangkat dan didinginkan hingga suhu kamar kemudian ditambahkan etanol 96% sebanyak 2 mL, dimasukkan dalam labu ukur 5 mL. Larutan ditambahkan dengan etanol 96% hingga garis batas lalu dikocok agar homogen kemudian dianalisis dengan spektrofotometer (Suhendra, 2013). Larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer visible pada panjang gelombang maksimum. Absorbansi yang diperoleh akan digunakan untuk mengetahui konsentrasi boron yang terkandung dalam sampel.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Penurunan massa boron dalam *bittern* dengan menggunakan koagulan CaO dan CaCO<sub>3</sub> maksimal pada pH 9, massa koagulan 0,5 gram. Waktu kontak untuk koagulan CaO yaitu selama 3,5 jam sedangkan waktu kontak untuk koagulan CaCO<sub>3</sub> adalah 4 jam.
2. Koagulan yang lebih efektif adalah CaCO<sub>3</sub> dengan presentase penurunan massa boron sebesar 75,44%.

### 5.2 Saran

Penelitian yang dilakukan ini masih banyak kekurangannya, sehingga dalam penelitian selanjutnya ditambahkan faktor koagulasi- flokulasi agar penurunan boron yang dapat menurunkan boron dengan batas ambang yang diperbolehkan yaitu  $\leq 0,5\text{mg/L}$ . Misalnya dengan menambahkan variasi temperatur dan proses pengadukan yang dilakukan, sehingga hasil dari penelitian tersebut dapat dikembangkan aplikasi yang lebih luas dan *bittern* juga dapat dimanfaatkan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. Struktur Kurkumin. <https://id.wikipedia.org/wiki/Kurkumin> [Diakses 1 April 2017].
- Anonim. 2013 .Material Safety Data Sheet Calcium Oxide (CaO). <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927480> .[Diakses pada 1 April 2017].
- Anonim. 2013 .Material Safety Data Sheet Calcium Carbonate (CaCO<sub>3</sub>). <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927119> .[Diakses pada 1 April 2017].
- Abrams, SA dan Atkinson, SA. 2003. Calcium, magnesium, phosphorous and vitamin D fortification of complementary foods. *Journal Nutrition*.133 : 2994-2999.
- Argust P. 1998. Distribution of Boron in the Environment. *Biological Trace Element Research*. 6 (1).
- Brady N, Weil R. 2008. *The Nature And Properties Of Soils*.14th Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Chang, Raymond. 2005. *Kimia Dasar*. Jakarta : Erlangga.
- Day, RA dan Underwood, AL. 1986. *Quantitative Analysis*. 6th Edition. English: Illustrated edition. Terjemahan oleh Iis Sopyan. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi 6.Jakarta :Erlangga.
- Fox KK, Daniel M, Morris G, dan Holt MS. 2000. The Use Of Measured Boron Concentration Data From The GREAT-ER UK Validation Study (1996-1998) To Generate Predicted Regional Boron Concentrations. *Sci Total Environ*. 251: 41-51.
- Gandjar, I G dan Rohman A. 2007. *Kimia Farmasi Analitik*. Yogyakarta : Penerbit Pustaka Pelajar.
- Hadiprabowo, Timur. Optimasi Sintesis Analog Kurkumin 1,3-bis-(4-hidroksi-3-metoksi benzilidin) Urea pada Rentang pH 3-4. *Skripsi*. Surakarta : UMS.
- Hadiat .2004. *Kamus Sains*. Jakarta: Balai Pustaka
- Harmita. 2006. *Analisis Kuantitatif Bahan Baku dan Sediaan Farmasi*. Jakarta: Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.



- Harjadi W. 1993. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Jakarta : PT Gramedia pustaka utama.
- Harimurti, Sabtanti dan L.Y Fajriana. 2016. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Kandungan Boraks pada Bakso Tusuk di Wilayah Kota Yogyakarta Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Haslindah A., Zulkifi. 2012. Analisis Jumlah Koagulan (Tawas/ $Al_2(SO_4)_3$ ) yang Digunakan dalam Proses Penjernihan Air pada PDAM Instalasi I Ratulangi. *Jurnal ILTEK*. 7 (13): 974-976.
- Iswahyudi,. M.K. Laila, dan Supriyanto . 2013. Pengolahan Limbah Garam (Bittern) Menjadi Struvite dengan Pengontrolan pH. *Seminar Nasional: Menggagas Kebangkitan Komoditas Lokal Pertanian dan Kelautan*. Madura : Universitas Trunojoyo.
- Jahiruddin, M., Smart R, Wade AJ, Neal C,dan Cresser MS. 1998. Factors Regulating The Distribution Of Boron In Water In The River Dee Catchment In North East Scotland. *Sci Total Environ*.210:53-62.
- Joe, B., M. Vijaykumar dan B.R. Lokesh. 2004. Biological Properties of Curcumin Cellular and Molecular Mechanism of Action. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 44 (2) : 97-112.
- Keenan, CW, DC Kleinfelter, dan J. H Wood. 1986. *Collage Chemistry*. Sixth Edition. Jakarta : Erlangga.
- Khopkar, SM. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Kitano, Yasushi., O Minoru dan I Masatoshi. 1978. Coprecipitation of borate-boron with calcium carbonate. *Geochemical Juornal*. 12 : 183-189.
- Kochkodan, V., Darwis N. W, dan Hilal, N. 2015. *The Chemistry Boron In Water*. Swanse UK : Swanse University.
- Krauskopf KB. 1972. *Geochemistry Of Micronutrients*. In: Mortvedt JJ, Giordano PM, Lindsay WL, Editors. Madison: Soil Science Society of America.
- Kristina. 2007. Peluang Peningkatan Kadar Kurkumin pada Tanaman Kunyit dan Temulawak . [http://balito.litbang.deptan.go.id/edisikhusus/2007\\_01/edisi\\_khusus\\_2007\\_01\\_01.pdf](http://balito.litbang.deptan.go.id/edisikhusus/2007_01/edisi_khusus_2007_01_01.pdf). [diakses 1 April.2017].
- Levine, Ira N. 2002. *Physical Chemistry*. Fifth Edition. USA : The McGraw-Hill Companies, Inc.

- Lewis, RJ. 2001. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. 14th Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Manadiyanto dan F.Y Arthantiani. 2011. Pemanfaatan Limbah Pembuatan Garam Sebagai Upaya Peningkatan Pendapatan Petambak garam di Pulau Madura. *Jurnal Balai Besar Riset Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. 1(1).
- Marihati dan Muryati. 2008. Pemisahan dan Pemanfaatan Bittern Sebagai Salah Satu Upaya Peningkatan Pendapatan Petani Garam. *Buletin Penelitian dan Pengembangan Industri*. 2 (2).
- Murray, R.K., D.K Granner., P.A Mayes dan V.W. Rodwell. 2000. *Harper's Biochemistry*. 25th Edition. USA : McGraw Hill-Healt Profession Div.
- Menteri Kesehatan RI. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010.Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum* . Jakarta.
- Nadia, M., M. Zainuri dan M. Effendy. 2015. Prototype Pupuk Multinutrient Berbasis Phospate Berbahan Dasar Limbah Garam (Bittern) sebagai Alternatif Solusi Penumbuhan Pakan Alami. *Jurnal kelautan*. 8 (2).
- Neal C, Fox KK, Harrow M, dan Neal M. 1998. Boron in the major UK rivers entering the North Sea. *Sci Total Environ*. 210 : 41-51.
- Nielsen FH, Penland JG. 2006. Boron Deprivation Alters Rat Behavior And Brain Mineral Composition Differently When Fish Oil Instead Of Safflower Oil Is The Diet Fat Source. *Nutr Neurosci*.. 9:105-112.
- Nugrahani, Eva Majidah. 2014. Pembuatan Koagulan Tahu Dari Air Laut yang Dipekatkan Melalui Pemanasan pada Beberapa Tingkat Konsentrasi. *Skripsi*. Jember : Jurusan Kimia Universitas Jember.
- Pulungan D.A. 2012. Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair dan Bubuk pada Sistem Dosing Koagulan di Instalasi Pengolahan Air Minum PT. Krakatau Tirta Industri. *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Puslitbang pemukiman, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982)*.. Bandung :Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pemukiman.
- Ravina, Louis. 1993. *Everything You Want to Know About Coagulation and Flocculation*. USA: Zeta-Meter.

- Rahimah, Zikri,. H Heldawati dan I Syauqiah. 2016. Pengolahan limbah deterjen dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan kapur dan PAC. *Konversi*. 5 (2).
- Remi, P., H. Muhr, E. Plasari dan I. Ouerdiane. 2005. Removal Boron From Wastewater By Precipitation Of A Sparingly Soluble Salt. *Environmental Progress*. 24 (1).
- Risdianto, Dian .2007. Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul). *Tesis* . Semarang : Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Rositawati, A. L., C M. Taslim, dan D. Soetrisnanto. 2013. Rekristalisasi Garam Rakyat Dari Daerah Demak Untuk Mencapai SNI Garam Industri. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (4): 217:225.
- Romadhon, Rizki Muhammad. 2016. Efektifitas Jenis Koagulan Dan Dosis Koagulan Terhadap Penurunan Kadar Kromium Limbah Penyamakan Kulit. *Skripsi* . Yogyakarta : UNY.
- Roth, H. J.1978. *Analisis Farmasi*. Gajah Mada University Press : Yogyakarta.
- Rusli, Raisani. Penetapan kadar boraks pada mie basah yang beredar di pasar ciputat dengan metode spektrofotometri UV-Vis dengan menggunakan pereaksi kurkumin. *Skripsi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Santosa. 2014. Pembuatan Garam Menggunakan Kolam Kedap Air Berukuran Sama. *Spektrum Industri*. 12 (1): 1-112.
- Sembiring N. 2011. Pemanfaatan Dan Usaha Sari Air Laut Berbasis Masyarakat. *Disampaikan pada Seminar Melalui Teknologi Tepat Guna Kita Tingkatkan Produksi dan Kualitas Pergaraman Rakyat*. Jakarta : Kementrian dan perikanan. 16 Februari 2011.
- Sutiyono. 2006. Pemanfaatan bittern sebagai koagulan pada limbah cair industri kertas. *Jurnal teknik kimia*. 1 (1).
- Suhendra, Mela Sastaviyana. 2013. Analisis Boraks dalam Bakso Daging Sapi A dan B di Daerah Tenggilis Mejoyo Surabaya Menggunakan Spektrofotometri. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. 2 (2).
- Sudjadi. 1983. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Yogyakarta: Ghalia Indonesia.

- Sudiby, A dan I. Susanti. 2011. Studi Pemanfaatan Air Bittern Sebagai Suplemen dan Pengawetan Produk Pangan. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. 24 (2).
- Sutiyono. 2006. Pemanfaatan Bittern Sebagai Koagulan pada Limbah Cair Industri Kertas. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (1).
- Svehla G. 1979. *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. 5th ed. London : Longman Group Limited. Diterjemahkan Oleh Ir Setiono dan Dr A Handyana Pudjaatmaka. 1990. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro* . Edisi Kelima. Jakarta : PT Kalman Media Pustaka.
- Wardani, S Rachmawati., Iswanto B dan Winarni. 2009. Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5. (2).
- Weast RC, Astle MJ, dan Beyer WH. 1985. *CRC handbook of chemistry and physics*. 69th ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Windholz, M., Budavari, S., Blumetti, R.F., Otterbein, E.S. 1983. *The Merck Index an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Tenth Edition. New Jersey: Merck and Co., Inc.
- Wijayanti, Diah. Koagulasi –flokulasi limbah rumah sakit Soebandi dengan koagulan FeCl<sub>2</sub>. *Skripsi*. Jember : Jurusan Kimia Universitas Jember.
- World Health Organization. 1998. International Programme on Chemical Safety. *Environmental Health Criteria 204 Boron*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Xu Yonglan dan Jia-Qian Jiang. 2008. Technologies for Boron Removal. *Ind Eng Chem*. 47 : 16-24.
- Yuniarti, T. 2008. *Ensiklopedia Tanaman Obat Tradisional*. Cetakan Pertama. Yogyakarta: MedPress.
- Yilmaz, Alper Erdem., Recep Boncukcuoglu, Serkan Bayar, Baybars Ali Fil, dan Mehmet Muhtar Kocakerim. 2012. Boron removal by means of chemical precipitation with calcium hydroxide and calcium borate formation. *Korean J. Chem*. 29 (10) : 1382-1387.



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 4.1 PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN

#### 4.1.1 Pembuatan larutan standart boron konsentrasi 100 mg/L dalam 100 mL

Mr asam borat ( $H_3BO_3$ ) 62 g/mol

$$100 \text{ mg/L} = \frac{\text{mg}}{0,1L}$$

$$\text{mg} = 100 \text{ mg/L} \times 0,1L$$

$$= 10 \text{ mg} = 0,01 \text{ g B}$$

$$\frac{62 \frac{\text{g}}{\text{mol}} H_3BO_3}{10,81 \frac{\text{g}}{\text{mol}} B} \times 0,01 \text{ g B} = 0,057 \text{ g } H_3BO_3$$

Larutan standart boron dibuat dengan melarutkan 0,057 gram asam borat  $H_3BO_3$  dalam 100 mL akuades, sehingga didapatkan larutan standart boron dengan konsentrasi 100 mg/L (ppm).

#### 4.1.2 Pengenceran larutan standar boron

Pengenceran larutan standar boron dari larutan induk dengan konsentrasi 100 mg/L sehingga menghasilkan berbagai konsentrasi yaitu 1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L dan 35 mg/L dalam 10 mL. Berbagai konsentrasi larutan boron ini akan digunakan untuk pembuatankurva kalibrasi.

##### 1. Konsentrasi 1 mg/L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ /L} \cdot V_1 = 1 \text{ /L} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 0,1 \text{ mL}$$

##### 2. Konsentrasi 5 mg/L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 5 \text{ /L} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 0,5 \text{ mL}$$



3. Konsentrasi 10 mg/L

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$100 \text{ mg/L} . V_1 = 10 \text{ /L} . 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 1 \text{ mL}$$

4. Konsentrasi 15 mg/L

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$100 \text{ /L} . V_1 = 15 \text{ mg/L} . 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{15 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 1,5 \text{ mL}$$

5. Konsentrasi 20 mg/L

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$100 \text{ mg/L} . V_1 = 20 \text{ mg/L} . 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 2 \text{ mL}$$

6. Konsentrasi 25 mg/L

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$100 \text{ mg/L} . V_1 = 25 \text{ mg/L} . 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{25 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 2,5 \text{ mL}$$

7. Konsentrasi 30 mg/L

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$100 \text{ mg/L} . V_1 = 30 \text{ /L} . 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{30 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 3 \text{ mL}$$

## 8. Konsentrasi 35 mg/L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 35 \text{ mg/L} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{30 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 3,5 \text{ mL}$$

## 4.1.3 Pembuatan larutan Buffer amonia

Pembuatan buffer amonia dibuat dari larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M dan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1 M. Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M dibuat dengan melarutkan 2,7 gram  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam 500 mL akuades, kemudian larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1 M dibuat dengan melarutkan 3,3 mL  $\text{NH}_3$  dalam akuades 500 mL.

1. Pembuatan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M

$$M_r = 53,491 \text{ g/mol}$$

$$\text{Volume} = 500 \text{ mL}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{n}{0,5 \text{ L}}$$

$$n = 0,05 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= 0,05 \text{ mol} \times 53,491 \text{ g/mol} \\ &= 2,7 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Pembuatan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1 M

$$M_r = 17,031 \text{ g/mol}$$

$$\text{Konsentrasi Pa} = 28\%$$

$$M = \frac{28\% \times 0,91 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 10}{17,031 \text{ g/mol}} = 15 \text{ M}$$

Membuat konsentrasi 0,1 M, volume 500 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$15 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,1 \text{ M} \times 500 \text{ mL}}{15 \text{ M}} = 3,3 \text{ mL}$$

**LAMPIRAN 4.2 ANALISIS STANDAR BORON**

## 4.2.1 Scanning panjang gelombang

No	Panjang gelombang	Absorban			Rata-rata
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
1.	500	0,045	0,045	0,045	0,045
2.	510	0,087	0,088	0,088	0,088
3.	520	0,118	0,119	0,119	0,119
4.	530	0,151	0,150	0,151	0,151
5.	532	0,154	0,154	0,153	0,154
6.	534	0,158	0,158	0,158	0,158
7.	536	0,160	0,161	0,161	0,161
8.	538	0,162	0,162	0,162	0,162
9.	540	0,166	0,166	0,166	0,166
10.	542	0,163	0,164	0,163	0,163
11.	544	0,161	0,161	0,161	0,161
12.	546	0,157	0,157	0,157	0,157
13.	548	0,152	0,152	0,152	0,152
14.	550	0,145	0,146	0,146	0,146
15.	560	0,097	0,096	0,096	0,096
16.	570	0,04	0,04	0,04	0,04
17.	580	0,005	0,006	0,006	0,006

Pembuatan kurva scanning ini menggunakan larutan dengan konsentrasi 10 mg/L dengan ditambahkan 10 mL larutan buffer pH 8 kemudian diambil 20  $\mu$ L dan dikomplekskan dengan 0,8 mL kurkumin seperti pada prosedur 3.4.2 untuk membentuk kompleks rosasianin dan kemudian diukur pada panjang gelombang 500-580 nm untuk mendapatkan panjang gelombang maksimal. Panjang gelombang maksimal yang didapatkan yaitu 540 nm.

## 4.2.2 Uji kestabilan warna rosasianin

No	Waktu (menit)	Absorban
1.	2	0,138
2.	4	0,139
3.	6	0,139
4.	8	0,136
5.	10	0,138
6.	12	0,131
7.	14	0,133
8.	16	0,135
9.	18	0,13
10.	20	0,13
11.	22	0,135
12.	24	0,136
13.	26	0,135
14.	28	0,135
15.	30	0,137
16.	32	0,139
17.	34	0,139
18.	36	0,14
19.	38	0,14
20.	40	0,132
21.	42	0,132
22.	44	0,13
23.	46	0,126
24.	48	0,125
25.	50	0,123

Kurva kestabilan warna ini menggunakan larutan standar boron dengan konsentrasi 10 mg/L ditambahkan 10 mL buffer pH 8 yang diambil 20 $\mu$ L dan dikomplekskan dengan 0,8 mL kurkumin untuk membentuk kompleks rosasianin pada prosedur 4.3.2. pengukuran kestabilan warna ini diukur selama 2 menit sekali pada panjang gelombang 500 nm, hingga absorban yang dihasilkan dari larutan kompleks rosasianin tidak stabil, yaitu mengalami kenaikan dan penurunan absorbansi yang tajam.

## 4.2.3 Kurva kalibrasi panjang gelombang maksimum 540 nm

No	Konsentrasi (ppm)	Absorban			Rata-rata
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
1.	1	0,048	0,047	0,048	0,048
2.	5	0,115	0,116	0,116	0,116
3.	10	0,168	0,167	0,167	0,167
4.	15	0,234	0,235	0,235	0,235
5.	20	0,307	0,306	0,306	0,306
6.	25	0,357	0,355	0,357	0,356
7.	30	0,423	0,422	0,421	0,422
8.	35	0,478	0,477	0,478	0,478

Pembuatan kurva kalibrasi ini dengan mengukur berbagai konsentrasi larutan standar yang sudah dibuat pada lampiran 4.2.1 pada panjang gelombang maksimal yang didapatkan pada proses *scanning* yaitu 540 nm. Larutannya telah dikomplekskan dengan kurkumin dan membentuk kompleks rosasianin pada prosedur 4.3.2 Hasilnya regresi dari kurva kalibrasi akan digunakan untuk menghitung massa boron yang ada dalam sampel yaitu *bittern*.

**LAMPIRAN 4.3 ANALISIS MASSA BORON PADA SAMPEL**

## 4.3.1 Pengukuran pada sampel

No.	Panjang gelombang max	Absorban			Rata-rata
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
1.	540 nm	0,274	0,274	0,274	0,274

## 4.3.1 Perhitungan massa boron dalam sampel

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,274 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,274 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 19,08 \text{ mg/L}$$

$$x = 19,08 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02\text{L}$$

$$= 0,3816 \text{ mg}$$



Penetapan massa sampel, yaitu massa boron dalam *bittern* mula-mula yaitu dengan mengukur *bittern* sebelum di koagulasi seperti pada prosedur 3.4.2. Absorban yang didapatkan dari hasil pengukuran sampel kemudian dimasukkan dalam persamaan yang didapatkan pada kurva kalibrasi sehingga didapatkan massa boron dalam *bittern* tersebut. Hasil konsentrasi pada sampel kemudian dikalikan dengan volume awal dari *bittern* 10 mL dicampur dengan buffer sebanyak 10 mL, jadi volume total 20 mL diubah menjadi 0,02 L yang dikalikan dengan konsentrasi kadar boron sehingga satuannya berubah menjadi mg.

#### LAMPIRAN 4.4 ANALISIS PENURUNAN MASSA BORON PADA SAMPEL

##### 4.4.1 Penurunan massa boron dengan variasi pH pada jenis koagulan

No	pH	U	Absorbansi		$x$ (mg/L)		Volume filtrat (L)		Sisa massa boron (mg)		$\Delta_{\text{penurunan}}$ (%)	
			a	b	a	b	a	b	a	b		
1		1	0,251	0,223								
2	7	2	0,253	0,224	17,41	14,83	0,01	0,015	0,1714	0,2224	55,08	41,72
3		3	0,257	0,221								
4		$\bar{u}$	0,254	0,223								
5		1	0,217	0,181								
6	8	2	0,214	0,183	14,71	11,50	0,01	0,015	0,1417	0,1725	62,86	54,80
7		3	0,213	0,185								
8		$\bar{u}$	0,215	0,183								
9		1	0,191	0,142								
10	9	2	0,190	0,142	12,08	08,08	0,01	0,015	0,1208	0,1212	68,34	68,24
11		3	0,189	0,141								
12		$\bar{u}$	0,190	0,142								
13		1	0,225	0,214								
14	10	2	0,226	0,216	15,00	14,17	0,01	0,015	0,1500	0,02125	60,69	44,31
15		3	0,225	0,215								
16		$\bar{u}$	0,225	0,215								

Keterangan :

Massa koagulan = 0,5 gram

b = Koagulan  $\text{CaCO}_3$

a = Koagulan  $\text{CaO}$

t = 2,5 jam

1. Perhitungan massa boron dengan variasi pH menggunakan koagulan CaO

a. Massa boron (mg)

a. pH 7

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,254 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,254 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 17,41 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} x &= 17,41 \text{ mg/L} \times 0,01\text{L} \\ &= 0,1714 \text{ mg} \end{aligned}$$

b. pH 8

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,215 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,215 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 14,17 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} x &= 14,17 \text{ mg/L} \times 0,01\text{L} \\ &= 0,1417 \text{ mg} \end{aligned}$$

c. pH 9

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,190 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,190 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 12,08 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} x &= 12,08 \text{ mg/L} \times 0,01\text{L} \\ &= 0,1208 \text{ mg} \end{aligned}$$

d. pH 10

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,225 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,225 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 15,00 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} x &= 15,00 \text{ mg/L} \times 0,01\text{L} \\ &= 0,1500 \text{ mg} \end{aligned}$$

Perhitungan massa boron setelah dikoagulasi dengan menggunakan variasi pH sehingga didapatkan absorbansi kemudian dimasukkan dalam persamaan hasil dari kurva kalibrasi. Proses pengukuran hasil dari koagulasi ini dapat dilihat pada prosedur 3.4.3. Hasil absorbansi merupakan massa boron sisa yang ada dalam larutan *bittern*. Kadar boron sisa kemudian dikalikan dengan volume sisa filtrat sehingga didapatkan sisa massa boron dalam satuan mg. Persentase penurunan massa boron

Persentase penurunan massa boron dinyatakan dengan banyaknya massa boron yang diturunkan dibagi dengan massa boron awal kemudian dikalikan dengan 100%.

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 \%$$

a. pH 7

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1714 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 55,08 \%$$

b. pH 8

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1417 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 62,86 \%$$

c. pH 9

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1208 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 68,34 \%$$

d. pH 10

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1500 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 60,69 \%$$

1. Perhitungan massa boron dengan variasi pH menggunakan koagulan  $\text{CaCO}_3$

a. Massa boron (mg)

a. pH 7

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,223 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,223 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 14,83 \text{ mg/L}$$

$$x = 14,83 \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}$$

$$= 0,2224 \text{ mg}$$

b. pH 8

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,183 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,183 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 11,5 \text{ mg/L}$$

$$x = 11,5 \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}$$

$$= 0,1725 \text{ mg}$$

c. pH 9

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,142 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,142 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 8,08 \text{ mg/L}$$

$$x = 8,08 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$= 0,1212 \text{ mg}$$

d. pH 10

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,215 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,215 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 14,17 \text{ mg/L}$$

$$x = 14,17 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$= 0,2125 \text{ mg}$$

b. Persentase penurunan massa boron

a. pH 7

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,2224 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 41,72 \%$$

b. pH 8

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1725 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 54,80 \%$$

c. pH 9

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1212 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 68,24 \%$$

d. pH 10

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,2125 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 44,31\%$$

## 4.4.2 Penurunan massa boron dengan variasi massa koagulan

No	M (g)	U	Absorbansi		$x$ (mg/L)		Volume filtrat (L)		Sisa massa boron (mg)		$\Delta_{\text{penurunan}}$ (%)	
			a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
			1		1	0,255	0,198					
2	0,25	2	0,253	0,196	17,50	12,67	0,015	0,019	0,2625	0,2407	31,21	36,93
3		3	0,256	0,197								
4		$\bar{u}$	0,255	0,197								
5	0,50	1	0,191	0,142	12,08	08,08	0,01	0,015	0,1208	0,1212	68,34	68,24
6		2	0,190	0,142								
7		3	0,189	0,141								
8	$\bar{u}$	0,190	0,142									
9	0,75	1	0,185	0,135	11,58	07,42	0,009	0,013	0,1042	0,0965	72,69	74,71
10		2	0,184	0,134								
11		3	0,183	0,132								
12	$\bar{u}$	0,184	0,134									
13	1,00	1	0,175	0,127	10,83	06,58	0,007	0,011	0,0758	0,0724	79,56	81,03
14		2	0,175	0,124								
15		3	0,174	0,122								
16	$\bar{u}$	0,175	0,124									

Keterangan :

pH optimal = 9

a = Koagulan CaO

b = Koagulan CaCO<sub>3</sub>

t = 2,5 jam



1. Perhitungan massa boron dengan variasi massa koagulan menggunakan koagulan CaO

a. Massa boron (mg)

a. Massa 0,25 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,255 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,255 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 17,5 \text{ mg/L}$$

$$x = 17,5 \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}$$

$$x = 0,2625 \text{ mg}$$

b. Massa 0,5 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,190 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,190 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 12,08 \text{ mg/L}$$

$$x = 12,08 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$x = 0,1208 \text{ mg}$$

c. Massa 0,75 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,184 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,184 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 11,58 \text{ mg/L}$$

$$x = 11,58 \text{ mg/L} \times 0,009 \text{ L}$$

$$x = 0,1042 \text{ mg}$$

d. Massa 1 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,175 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,175 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 10,83 \text{ mg/L}$$

$$x = 10,83 \text{ mg/L} \times 0,007 \text{ L}$$

$$x = 0,0758 \text{ mg}$$

b. Persentase penurunan massa boron

a. Massa 0,25 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,2625 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 31,21 \%$$

b. Massa 0,5 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1208 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 68,34\%$$

c. Massa 0,75 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1042 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 72,69\%$$

d. Massa 1 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,0758 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 79,56 \%$$

2. Perhitungan massa boron dengan variasi massa koagulan menggunakan koagulan  $\text{CaCO}_3$

a. Massa boron

a. Massa 0,25 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,197 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,197 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 12,67 \text{ mg/L}$$

$$x = 12,67 \text{ mg/L} \times 0,019 \text{ L}$$

$$x = 0,2407 \text{ mg}$$

b. Massa 0,5 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,142 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,142 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 8,08 \text{ mg/L}$$

$$x = 8,08 \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}$$

$$x = 0,1212 \text{ mg}$$

c. Massa 0,75 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,134 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,134 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 7,42 \text{ mg/L}$$

$$x = 7,42 \text{ mg/L} \times 0,013 \text{ L}$$

$$x = 0,0965 \text{ mg}$$

d. Massa 1 gram

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,124 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,124 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 6,58 \text{ mg/L}$$

$$x = 6,58 \text{ mg/L} \times 0,011 \text{ L}$$

$$x = 0,0724 \text{ mg}$$

b. Persentase penurunan massa boron

a. Massa 0,25 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,2407 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 36,92 \%$$

b. Massa 0,5 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1212 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 68,24 \%$$

c. Massa 0,75 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,0965 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 74,71 \%$$

d. Massa 1 gram

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,0724 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 81,03 \%$$

#### 4.4.3 Penurunan massa boron dengan variasi waktu kontak

No	t	U	Absorbansi		x (mg/L)		Volume filtrat (L)		Sisa massa boron (mg)		$\Delta_{\text{penurunan}}$ (%)	
			a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
			1	1	0,231	0,177						
2	2	0,232	0,176									
3	2	3	0,232	0,177	15,58	11,00	0,01	0,015	0,1568	0,1650	58,91	57,76
4		$\bar{u}$	0,232	0,177								
5	1	1	0,189	0,144								
6	2,5	2	0,188	0,143								
7	2,5	3	0,189	0,144	12,00	08,25	0,01	0,015	0,1200	0,1237	68,55	67,58
8		$\bar{u}$	0,189	0,144								
9	1	1	0,171	0,124								
10	3	2	0,171	0,123								
11	3	3	0,172	0,123	10,58	06,50	0,01	0,015	0,1058	0,0975	72,27	74,45
12		$\bar{u}$	0,171	0,123								
13	1	1	0,167	0,119								
14	3,5	2	0,166	0,121								
15	3,5	3	0,167	0,123	10,17	06,33	0,01	0,015	0,1017	0,0949	73,34	75,13
16		$\bar{u}$	0,167	0,121								
17	1	1	0,164	0,119								
18	4	2	0,166	0,120								
19	4	3	0,165	0,121	10,00	06,25	0,012	0,015	0,1200	0,0937	68,55	75,44
20		$\bar{u}$	0,165	0,120								

Keterangan :

pH optimal = 9

Massa koagulan efektif = 0,5 gram

a = Koagulan CaO

b = Koagulan CaCO

1. Perhitungan massa boron dengan variasi waktu kontak menggunakan koagulan CaO

a. Massa boron (mg)

a. Waktu 2 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,232 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,232 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 15,58 \text{ mg/L}$$

$$x = 15,58 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$x = 0,1568 \text{ mg}$$

b. Waktu 2,5 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,189 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,189 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 12 \text{ mg/L}$$

$$x = 12 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$x = 0,12 \text{ mg}$$

c. Waktu 3 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,172 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,172 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 10,58 \text{ mg/L}$$

$$x = 10,58 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$x = 0,1058 \text{ mg}$$

d. Waktu 3,5 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,167 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,167 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 10,17 \text{ mg/L}$$

$$x = 10,17 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$x = 0,1017 \text{ mg}$$

e. Waktu 4 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,165 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,165 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 10 \text{ mg/L}$$

$$x = 10 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$x = 0,12 \text{ mg}$$

b. Persentase penurunan massa boron

a. Waktu 2 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1568 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 58,91 \%$$

b. Waktu 2,5 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1200 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 68,55 \%$$

c. Waktu 3 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1058 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 72,27 \%$$

d. Waktu 3,5 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1017 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 73,34 \%$$

e. Waktu 4 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1200 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 68,55 \%$$

1. Perhitungan massa boron dengan variasi massa koagulan menggunakan koagulan  $\text{CaCO}_3$

a. Massa boron (mg)

a. Waktu 2 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,177 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,177 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 11 \text{ mg/L}$$

$$x = 11 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$x = 0,1650 \text{ mg}$$

b. Waktu 2,5 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,144 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,144 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 8,25 \text{ mg/L}$$

$$x = 8,25 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$x = 0,1237 \text{ mg}$$



c. Waktu 3 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,123 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,123 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 6,5 \text{ mg/L}$$

$$x = 6,5 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$x = 0,0975 \text{ mg}$$

d. Waktu 3,5 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,121 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,121 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 6,33 \text{ mg/L}$$

$$x = 6,33 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$x = 0,0949 \text{ mg}$$

e. Waktu 4 jam

$$y = 0,012x + 0,045$$

$$0,120 = 0,012x + 0,045$$

$$x = \frac{0,120 - 0,045}{0,012}$$

$$x = 6,25 \text{ mg/L}$$

$$x = 6,25 \text{ mg/L} \times 0,015L$$

$$x = 0,0937 \text{ mg}$$

Perhitungan persentase penurunan massa boron

a. Waktu 2 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,165 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 56,76\%$$

b. Waktu 2,5 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,1237 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 67,58 \%$$

c. Waktu 3 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,0975 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 74,45 \%$$

d. Waktu 3,5 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,0949 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 75,13 \%$$

e. Waktu 4 jam

$$\% \text{ penurunan massa boron} = \frac{0,3816 \text{ mg} - 0,0937 \text{ mg}}{0,3816 \text{ mg}} \times 100 \% = 75,44 \%$$



