



**KARAKTERISASI *HYBRID* KITOSAN/BENTONIT SEBAGAI MATERIAL  
PENDUKUNG DALAM *CONTROLLED RELEASE* NITROGEN**

**SKRIPSI**

**YUSRIL IHZA MAHENDRA**

**NIM 091810301032**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2016**



**KARAKTERISASI *HYBRID* KITOSAN/BENTONIT SEBAGAI MATERIAL  
PENDUKUNG DALAM *CONTROLLED RELEASE* NITROGEN**

**SKRIPSI**

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

**YUSRIL IHZA MAHENDRA**

**NIM 091810301032**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

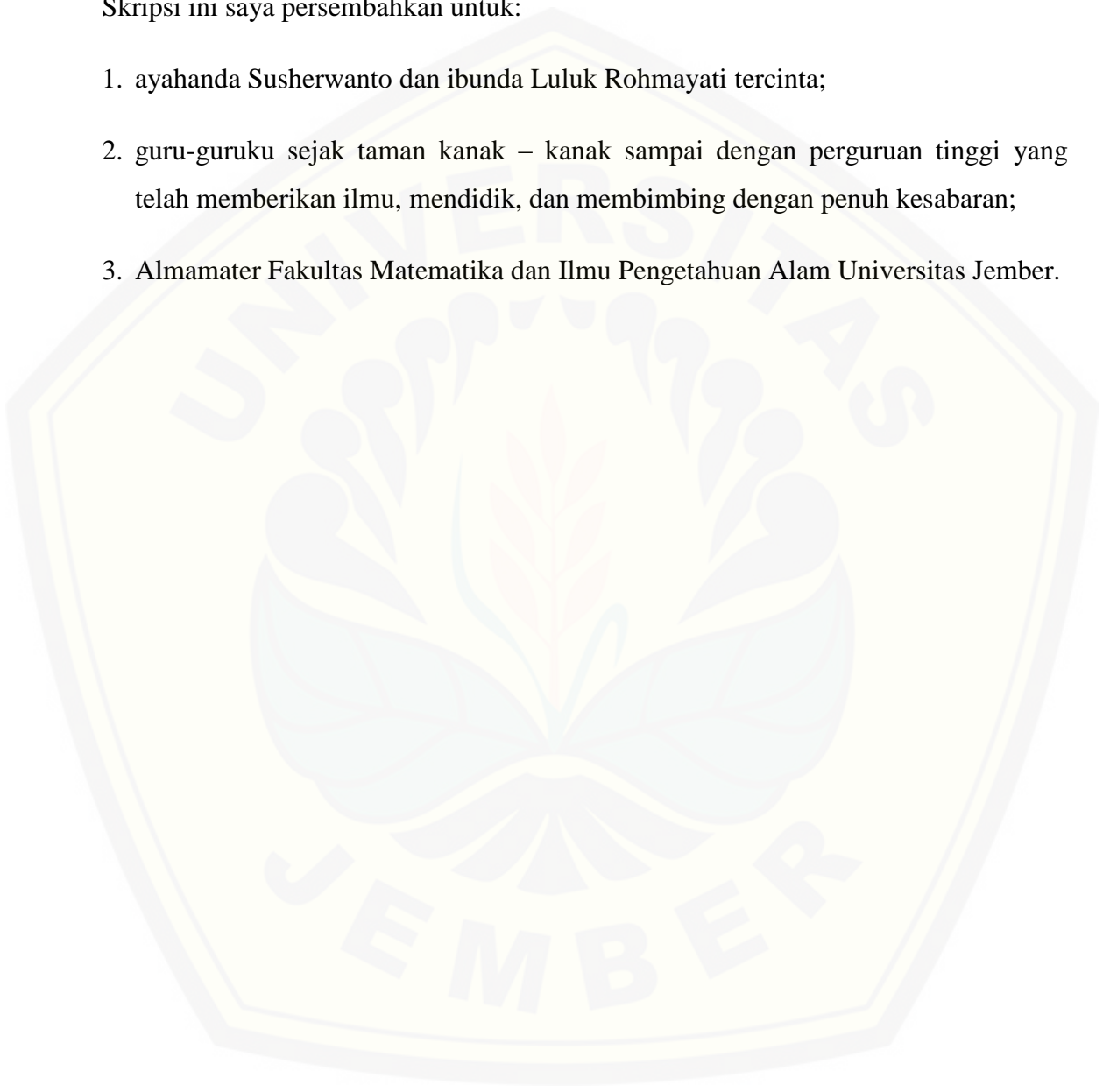
**UNIVERSITAS JEMBER**

**2016**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. ayahanda Suserwanto dan ibunda Luluk Rohmayati tercinta;
2. guru-guruku sejak taman kanak – kanak sampai dengan perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



## MOTO

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan kepada Tuhanmu hendaknya kamu menaruh harapan

(Terjemahan surat Al-Insyiroh ayat 6 – 8)\*

Jika ragu dalam melakukan sesuatu, sebaiknya tanya kepada diri sendiri, apa yang kita inginkan esok hari dari apa yang telah kita lakukan sebelumnya

(Jonh Lubbock)\*\*

---

\* Departemen Agama Pengadaan Kitab Suci Al Qur'an. 1975. Al Qur'an dan terjemahannya. Jakarta : PT. Bumi Restu.

\*\* Tanpa Nama. 2016. "Jonh Lubbock Quotes". [Serial on line]. <https://galeriabee.wordpress.com/kata-kata-bijak/kata-bijak-motivasi-dari-tokoh-dunia/>. 15 April 2016.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yusril Ihza Mahendra

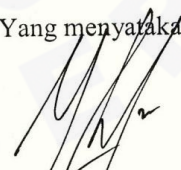
NIM : 091810301032

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakterisasi *Hybrid* Kitosan/Bentonit Sebagai Material Pendukung dalam *Controlled Release* Nitrogen” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 April 2016

Yang menyatakan,



Yusril Ihza Mahendra

NIM 091810301032

**SKRIPSI**

**KARAKTERISASI *HYBRID* KITOSAN/BENTONIT SEBAGAI MATERIAL  
PENDUKUNG DALAM *CONTROLLED RELEASE* NITROGEN**

Oleh

Yusril Ihza Mahendra

NIM 091810301032

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Novita Andarini, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**


Skripsi berjudul “Karakterisasi *Hybrid* Kitosan/Bentonit Sebagai Material Pendukung dalam *Controlle Release Nitrogen*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari, tanggal : SELASA 21 JUN 2016


tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji;


Ketua (DPU),

  
Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.  
NIP. 197107031997021001

Sekretaris (DPA),

  
Novita Andarini, S.Si., M.Si.  
NIP. 197211122000032001

Penguji I,

  
Tri Mulyono, S.Si., M.Si.  
NIP. 196810021998021001

Penguji II,

  
Tanti Haryati, S.Si., M.Si.  
NIP. 198010292005012002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember



Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Karakterisasi *Hybrid* Kitosan/Bentonit Sebagai Material Pendukung dalam *Controlled Release Nitrogen***; Yusril Ihza Mahendra, 091810301039; 2016: 37 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Salah satu kelemahan penggunaan pupuk secara konvensional adalah tidak efisien. Hanya sekitar 30 – 50% pupuk yang diserap oleh tanaman, selebihnya akan terlepas ke lingkungan. Upaya pengurangan inefisiensi pupuk dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk secara terkendali dalam tanah. Metode ini dikenal dengan istilah *controlled release fertilizer* (CRF). CRF terdiri dari matriks berupa padatan yang berperan sebagai penghalang selektif dan bahan aktif (pupuk) yang dikontrol pelepasannya.

Penelitian ini akan membuat dan mengkarakterisasi matriks CRF berbasis *hybrid* kitosan/bentonit. Matriks kitosan/bentonit dibuat dengan memvariasikan komposisi kitosan/bentonit dan metode pembuatan matriksnya. Matriks yang terbentuk akan dikarakterisasi sifat daya serap air dan pelepasan nitrogennya.

Berdasarkan perbedaan komposisi kitosan/bentonit dalam matriks, menunjukkan hasil bahwa daya serap air matriks kitosan/bentonit 1 : 0 > 3 : 1 > 2 : 1 > 1 : 1. Nilai DSA semakin berkurang dengan meningkatnya kandungan bentonit dalam matriks. Sementara, ditinjau dari pelepasan N, menunjukkan bahwa pelepasan N meningkat dengan meningkatnya rasio bentonit dalam matriks yaitu 1 : 1 > 2 : 1 > 3 : 1 > 1 : 0. Hasil lainnya adalah, metode pembuatan matriks kitosan/bentonit yang dilakukan secara bertahap menghasilkan matriks yang bersifat *slow release* dibandingkan dengan pembuatan matriks yang dicampur secara langsung.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi *Hybrid* Kitosan/Bentonit Sebagai Material Pendukung dalam *Controlled Release* Nitrogen”. 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 Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
5. Tri Mulyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Tanti Haryati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. I Nyoman Adiwinata, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
7. Prof. Tri Agus Siswoyo, Ph.D., selaku Ketua Laboratorium CDAST telah membimbing penelitian saya;

8. kedua orang tua, ayahanda Suserwanto dan ibunda Luluk Rohmayati serta kedua adikku yang tercinta yang setia mendukung dan memberikan motivasi serta perhatian yang tiada henti dalam berbagai hal;
9. rekan – rekan: Hasan, Hisyam, Riskon, Huda, Rega, Aniesa, Ida, Desi serta teman – teman 2009 tanpa terkecuali yang telah menemani, membantu, berbagi ilmu, serta memberikan semangat dan motivasi;
10. Marena Thalita Rahmah yang tidak segan untuk berbagi ilmu, bantuan dan semangat;
11. Staff laboratorium CDAST;
12. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 15 April 2016

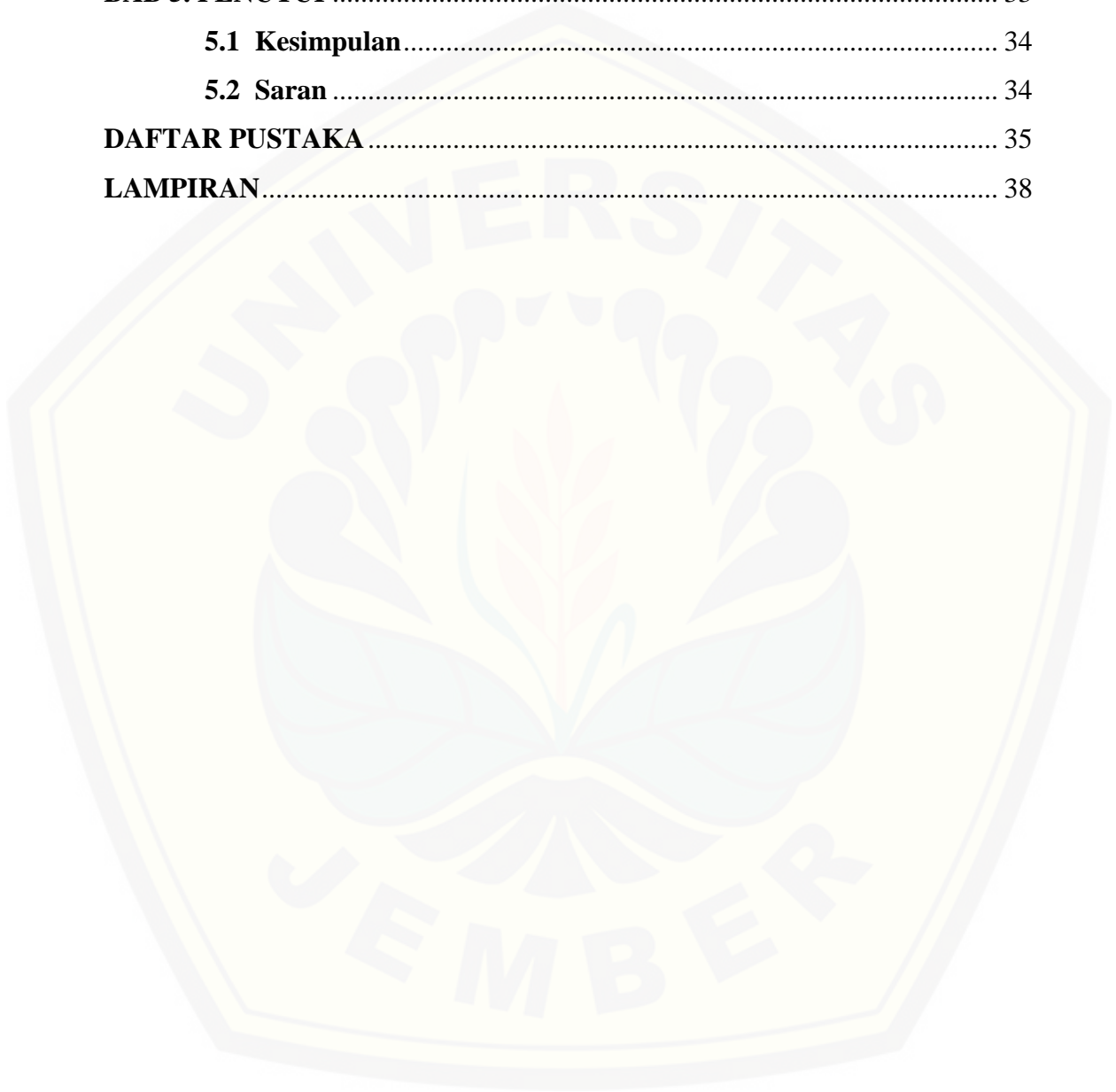
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING .....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 <i>Controlled Release Fertilizer</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Mekanisme <i>Controlled Release Fertilizer</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Material <i>Controlled Release Fertilizer</i> .....</b>	<b>6</b>

2.3.1 Kitosan .....	6
2.3.2 Bentonit.....	8
2.3.3 Nitrogen .....	11
<b>2.4 Metode Potensiometri.....</b>	<b>12</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan.....</b>	<b>14</b>
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan .....	14
<b>3.3 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>15</b>
3.3.1 Pembuatan Matriks Kitosan/Bentonit dengan Variasi Komposisi .....	15
3.3.2 Pembuatan Matriks Kitosan/Bentonit dengan Variasi Perbandingan Metode .....	16
<b>3.4 Prosedur Penelitian.....</b>	<b>16</b>
3.4.1 Pembuatan <i>Controlled Release Fertilizer</i> .....	16
3.4.1.1 Pembuatan Larutan .....	17
3.4.1.2 Pembuatan Matriks Kitosan/Bentonit .....	18
3.4.1.3 Pengaruh Perbedaan Perlakuan Preparasi Matriks Kitosan/Bentonit .....	19
3.4.2 Karakterisasi <i>Controlled Release Fertilizer</i> .....	19
3.4.2.1 Analisa Daya Serap Air .....	19
3.4.2.2 Analisa Pelepasan Nitrogen .....	20
3.4.3 Analisis Adsorpsi Ammonium dalam Bentonit .....	21
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Matriks Pendukung Kitosan/Bentonit.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Karakterisasi Sifat Beads sebagai Matriks untuk CRF .....</b>	<b>25</b>
4.2.1 Daya Serap Air.....	25
4.2.2 Pelepasan Nitrogen dari Matriks CRF .....	27

<b>4.3 Pengaruh Perbedaan Preparasi Matriks Kitosan/Bentonit pada Pelepasan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dalam Medium Air</b> .....	30
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	33
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	34
<b>5.2 Saran</b> .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	35
<b>LAMPIRAN</b> .....	38



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Komposisi pembuatan matriks kitosan/bentonit.....	19
3.2 Hasil analisa daya serap air.....	20
3.3 Hasil analisa pelepasan ammonium.....	21
4.1 Sifat fisik dan gambar <i>beads</i> CRF kitosan/bentonit setelah dikeringkan .....	23

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 <i>Swelling controlled release</i> pada material polimer.....	6
2.2 Struktur kitin dan kitosan.....	7
2.3 Struktur montmorilonit dalam bentonit .....	9
4.1 <i>Beads</i> CRF kitosan/bentonit setelah dikoagulasikan dalam NaOH.....	22
4.2 Protonasi kitosan dalam larutan asam asetat.....	24
4.3 Pengikatan kitosan pada permukaan bentonit.....	25
4.4 Daya serap air terhadap variasi komposisi kitosan : bentonit dalam CRF....	26
4.5 Mekanisme pelepasan nutrisi dalam CRF .....	27
4.6 Pelepasan N ( $\text{NH}_4^+$ ) dari CRF dalam air terhadap lama waktu perendaman	28
4.7 Perubahan nilai pH terhadap lama waktu perendaman.....	30
4.8 Daya serap air terhadap variasi metode pembuatan matriks kitosan/bentonit .....	31
4.9 Perbandingan pelepasan $\text{NH}_4^+$ dari CRF dengan variasi metode pembuatan matriks terhadap lama waktu perendaman.....	32
4.10 Adsorpsi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada bentonit terhadap waktu .....	33

**DAFTAR PERSAMAAN**

	Halaman
1. Reaksi Ammonium dengan Basa .....	12
2. Reaksi Ammonia dengan Air .....	12
3. Persamaan Nerst .....	13
4. Persamaan Daya Serap Air .....	20
5. Reaksi Ammonium pada media Air .....	29



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
<b>A. Daya Serap Air .....</b>	<b>38</b>
<b>B. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Ammonium .....</b>	<b>40</b>
<b>C. Pelepasan Nitrogen pada CRF .....</b>	<b>42</b>
<b>D. Pengaruh pH terhadap Pelepasan Nitrogen .....</b>	<b>46</b>
<b>E. Adsorpsi Ammonium Pada Bentonit.....</b>	<b>48</b>

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tujuan utama pemakaian pupuk adalah untuk memberikan nutrisi kepada tanaman agar dapat meningkatkan hasil pertanian secara optimal. Salah satu unsur pupuk yang terpenting bagi tanaman adalah nitrogen (N). Nitrogen pada tanaman berperan dalam aktifitas fotosintesis sehingga secara langsung atau tidak langsung nitrogen sangat penting dalam proses metabolisme dan respirasi pada tanaman. Namun demikian, efisiensi pemakaian pupuk konvensional sekitar 30% sampai 50% yang diserap oleh tanaman, selebihnya akan terlepas ke lingkungan. Hal ini mengakibatkan pemakaian pupuk secara berlebihan dapat membahayakan lingkungan (Chien *et al.*, 2009).

Permasalahan pengurangan efisiensi pupuk dapat diatasi menggunakan pupuk yang dapat terlepas secara terkendali dalam tanah dengan memakai *controlled release fertilizer* (CRF). Keuntungan dari pupuk CRF adalah pupuk akan tersedia dalam tanah dalam waktu yang lebih lama dibandingkan penggunaan pupuk secara konvensional, sehingga dapat mengurangi kehilangan unsur hara dalam pupuk yang terlarut atau terbawa air hujan (Basuki *et al.*, 2013).

Secara umum CRF memiliki dua komponen utama yaitu nutrisi atau bahan aktif dan matrik padatan pendukung. Nutrisi atau bahan aktif merupakan zat spesifik yang akan dikontrol pelepasannya. Matrik padatan pendukung berperan sebagai pengendali pelepasan nutrisi (Landis dan Dumroese, 2009). Material matrik padatan pendukung berupa material polimer baik yang alami, sintetik atau material anorganik. Salah satu polimer yang dapat digunakan sebagai matrik pendukung CRF adalah kitosan.

Kitosan termasuk kelompok polimer alam yang merupakan turunan dari kitin. Pemilihan kitosan untuk CRF didasarkan pada sifatnya antara lain, memiliki gugus

$\text{OH}^-$  dan  $\text{NH}_3^+$  yang reaktif, tidak beracun dan dapat terbiodegradasi. Dalam penggunaannya sebagai matriks dalam *controlled release*, kinerja kitosan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, kapasitas pertukaran ion, konsentrasi, dan suhu (Croisier dan Jerome, 2013). Selain memiliki kelebihan – kelebihan seperti yang telah disebutkan kitosan memiliki kekurangan yaitu sifat mekanik yang rendah. Dalam aplikasinya, kitosan akan dimodifikasi dengan mengkombinasikan matriks lain. Salah satu modifikasi terhadap kitosan dapat dilakukan dengan bentonit.

Bentonit merupakan mineral lempung alam yang memiliki keunggulan sifat antara lain daya serap air yang tinggi, sebagai penukar kation, dan kemampuan pembawa obat (*drug carrying*) (Lee dan Chen, 2003). Bentonit mempunyai ruang lapisan besar yang mampu mengadsorpsi polimer kation. Umumnya, diketahui bahwa penambahan biopolimer dengan muatan positif dalam dispersi bentonit menyebabkan interaksi elektrostatik antara partikel bentonit dan permukaan polimer yang bermuatan positif seperti kitosan sehingga terjadi penyisipan polimer pada lapisan bentonit. Perpaduan kitosan/bentonit dilaporkan memiliki sifat daya serap air dan stabilitas termal tinggi (Hristodor *et al.*, 2012).

Pembuatan matriks kitosan/bentonit dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu, dan komposisi matriks. Penelitian ini akan membuat dan mengkarakterisasi matriks CRF berbasis *hybrid* kitosan/bentonit untuk mengkaji pelepasan nitrogen. Komposisi matriks kitosan/bentonit dan perbedaan perlakuan preparasi matriks digunakan sebagai variable untuk mempelajari daya serap air dan pelepasan N.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas berdasarkan latar belakang di atas sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh komposisi matriks kitosan/bentonit terhadap daya serap air dan pelepasan nitrogennya?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan perlakuan preparasi matriks kitosan/bentonit terhadap daya serap air dan pelepasan nitrogennya?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari rumusan masalah di atas adalah:

1. Mengkaji pengaruh komposisi matriks kitosan/bentonit terhadap daya serap air dan pelepasan nitrogennya.
2. Mengkaji pengaruh perbedaan perlakuan preparasi matriks kitosan/bentonit terhadap daya serap air dan pelepasan nitrogennya.

### 1.4 Batasan Masalah

Mengingat banyaknya masalah yang berpengaruh pada penelitian ini, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. CRF yang dibuat dalam bentuk *beads* yaitu bulatan menyerupai pupuk granula.
2. Pelepasan nitrogen ditentukan dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  menggunakan *Ion Selective Electrode (ISE)*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembang material sebagai matriks untuk CRF. Selain itu, dapat memberikan informasi sifat pelepasan nutrisi N dari matriks yang diperoleh.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Controlled Release Fertilizer*

Pelepasan terkendali (*controlled release*) merupakan suatu teknik atau metode yang diterapkan untuk menekan laju pelepasan suatu nutrisi yang lajunya dapat diatur sesuai dengan yang diperlukan (Fan dan Singh, 1989). *Controlled-release* ini dirancang untuk menghantarkan berbagai jenis nutrisi (obat – obatan, pestisida, minyak wangi dan lain – lain) dengan laju yang spesifik selama selang waktu tertentu pada lokasi yang dikehendaki. Keunggulan metode ini dengan metode konvensional adalah pelepasan material nutrisi yang dilakukan dengan lebih efektif dan optimal. Oleh karena itu *controlled release* banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang diantaranya bidang medis, farmasi, pertanian dan industri (Wenten, 1999).

Salah satu aplikasi *controlled release* digunakan dalam bidang pertanian. Istilah *controlled release* dalam bidang pertanian disebut *controlled release fertilizer* (CRF). CRF adalah pupuk terbaru dan paling canggih secara teknis yang digunakan dalam produksi tanaman hortikultura. Pupuk ini terdiri dari nutrisi atau unsur hara yang dilindungi oleh lapisan polimer. Polimer merupakan material yang dapat melindungi molekul nutrisi pada sistem pelepasan jumlah pupuk atau nutrisi yang terlepas di lingkungan untuk periode tertentu. Perlindungan ini dapat mencegah larutnya nutrisi, menghambat difusi molekul yang berlebih, dan mengontrol laju aliran nutrisi (Landis dan Dumroese, 2009).

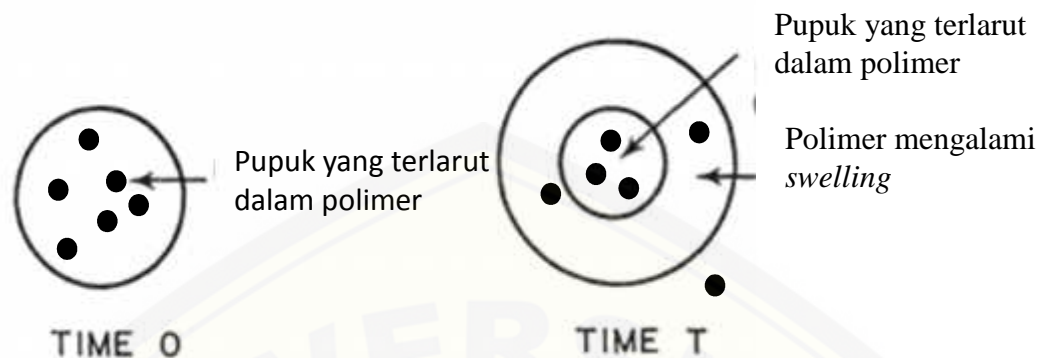
Polimer yang digunakan dalam *controlled release fertilizer* adalah hidrogel. Hidrogel mempunyai struktur 3 dimensi yang mampu menyimpan banyak air. Selain itu, hidrogel mampu melepaskan pupuk secara terkendali sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman. Sistem pelepasan terkontrol polimer memiliki banyak keuntungan yaitu mampu mengurangi konsumsi air irigasi (Landis dan Dumroese, 2009).

## 2.2 Mekanisme *Controlled Release Fertilizer*

Larutan nutrisi membutuhkan larutan disekitar lingkungannya untuk proses pelarutan dan tidak terdifusi sebelum bereaksi dengan molekul target. Proses difusi dari pelepasan terkendali (*controlled release*), molekul nutrisi akan berdifusi dengan larutan yang terhalang oleh matriks polimer yang tidak larut sehingga molekul nutrisi terus bergerak.

Proses pelepasan CRF pada dasarnya terjadi perpindahan unsur hara pupuk ke permukaan polimer dilanjutkan ke permukaan tanah yang disebabkan oleh adanya air. Pengaturan mekanisme pelepasan nutrisi adalah: (i) difusi / pembengkakan; (ii) degradasi lapisan polimer, dan (iii) retak / larut (Azeem *et al.*, 2014).

Fan dan Singh (1989) mengelompokkan *controlled release* berdasarkan cara pelepasan nutrisinya. Salah satu sebab penentuannya karena sifat interaksi antara polimer dengan pelarut pada lingkungan. Proses difusi terjadi pada saat polimer melepaskan nutrisi tidak terjadi perubahan bentuk polimer. Proses erosi atau reaksi kimia terjadi ketika polimer mengalami erosi permukaan sehingga nutrisi terlepas. Laju nutrisi yang terlepas sebanding dengan laju erosi. Dalam proses ini nutrisi yang terikat pada rantai polimer terlepas karena terjadi pemutusan ikatan secara hidrolitik atau enzimatik. Pelepasan nutrisi dapat juga terjadi karena proses osmosis, nutrisi dilepaskan dengan memanfaatkan tekanan osmosis dari sifat polimer. Ketika matriks polimer ditempatkan pada lingkungan dengan kondisi termodinamika sesuai dengan sifat polimer maka akan terjadi pembengkakan. Hal ini disebabkan karena larutan terserap ke dalam polimer, sehingga nutrisi terlarut dan berdifusi keluar. Proses seperti disebut proses *swelling* (Gambar 2.1).



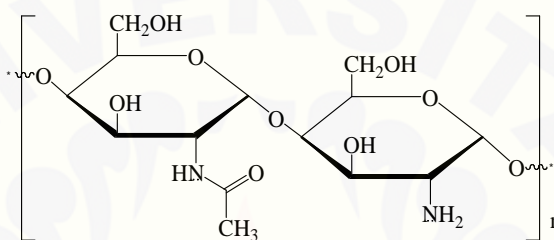
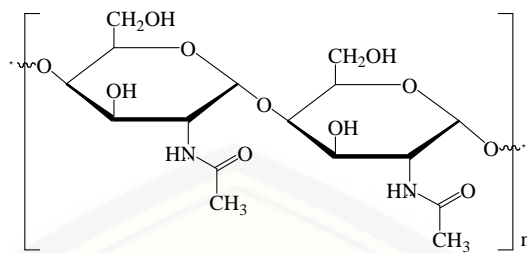
Gambar 2.1 *Swelling controlled release* pada material polimer (Fan dan Singh, 1989).

### 2.3 Material *Controlled Release Fertilizer*

Pemilihan material bahan untuk aplikasi CRF sangat penting agar mampu menghasilkan sebuah *controlled release* yang efisien dan berlanjut. CRF dalam aplikasinya banyak memanfaatkan polimer alam salah satunya yang berbasis protein (kolagen, gelatin, dan albumin) dan polisakarida (pati, dekstran, kitosan). Polimer alam digunakan pada CRF karena sifatnya yang fleksibel, mudah terurai, tidak beracun dan mudah digunakan untuk aplikasi tertentu (Muzarelli *et al.*, 2010).

#### 2.3.1 Kitosan

Kitosan merupakan komponen utama dari cangkang udang, kepiting, dan cumi-cumi. Selain itu kitosan juga ditemukan pada berbagai jamur misalnya, jamur *Mucoralean* (*Zyngomycetes*). Berdasarkan strukturnya, kitosan merupakan polisakarida linier  $\beta$ -D-(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranososa (Gambar 2.2). Kitosan adalah polimer alam yang merupakan turunan dari kitin. Isolasi kitosan umumnya dilakukan melalui proses deasetilisasi kitin baik secara kimiawi maupun enzimatik (Khan *et al.*, 2002).



Gambar 2.2 Struktur kitin (a) dan kitosan(b) (Khan *et al.*, 2002)

Kata “kitosan” menunjukkan pada sejumlah besar polimer, dengan N-deasetilasi (40 - 98%) dan bobot molekuler yang berbeda-beda ( $5 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^7$  Dalton). Kedua karakteristik ini sangat penting bagi sifat fisikokimianya dan mungkin memiliki efek utama pada sifat-sifat biologis. Garam kitosan larut dalam air; kelarutan bergantung pada derajat deasetilasi dan pH larutan. Karakteristik fisikokimia kitosan seperti fleksibilitas rantai dalam larutan, sifat reologi, ukuran kristal dan kristalinitas kitosan bergantung pada faktor intrinsik seperti derajat deasetilasi, distribusi grup asetil, berat molekul, dan distribusinya (Jin Li *et al.*, 2008).

Derajat deasetilasi merupakan salah satu sifat kimia yang penting, yang dapat mempengaruhi kegunaannya dalam berbagai aplikasi. Derajat deasetilasi menyatakan banyaknya gugus amino bebas dalam polisakarida. Kitosan merupakan kitin dengan derajat deasetilasi lebih dari 70%. Deasetilasi adalah proses pengubahan gugus asetil ( $-\text{NHCOCH}_3$ ) dari rantai molekular kitin menjadi gugus amina lengkap ( $-\text{NH}_2$ ) pada kitosan dengan penambahan NaOH konsentrasi tinggi. Reaksi deasetilasi kitin pada



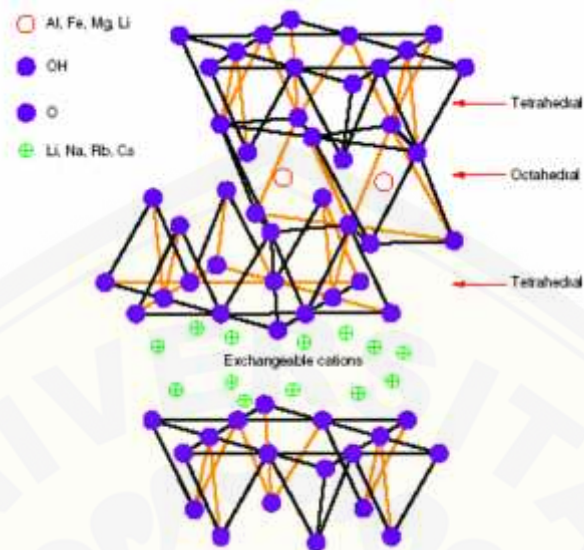
dasarnya adalah suatu reaksi hidrolisis amida dari  $\beta$ -D-2-asetamida-2-deoksi-D-glukosa. Kemampuan kitosan utamanya bergantung pada derajat kimia reaktif yang tinggi gugus aminonya (Khan *et al.*, 2002).

Kitosan  $(C_6H_{11}NO_4)_n$  dengan rotasi spesifik  $[\alpha]_D^{25} -3^\circ$  hingga  $-10^\circ$  (pada konsentrasi asam asetat 2%) adalah padatan amorf, merupakan satu dari sedikit polimer alami yang berbentuk polielektrolit kationik dalam larutan asam organik (Jamaluddin, 1994).

Kitosan memiliki sifat hidrofilik yang kuat sehingga mampu menyerap molekul air yang berada di sekitarnya oleh karena itu kitosan merupakan suatu hidrogel. Hidrogel merupakan polimer hidrofilik yang membentuk jaringan tiga dimensi dan mampu menyerap molekul air dan cairan biologis.

### 2.3.2 Bentonit

Bentonit adalah sebuah nama lempung tertentu yang ditemukan di Fort Benton, Wyoming bagian timur. Bentonit merupakan nama dagang dari salah satu jenis lempung liat TOT (2:1) artinya struktur lembarannya disusun oleh dua lapisan tetrahedral (T) dan satu lapisan oktahedral (O). Struktur bentonite ditunjukkan pada gambar 2.3. Bentonit termasuk mineral *clay* golongan smektit dioktahedral yang mengandung sekitar 80% montmorilonit dan sisanya antara lain kaolin, illite, gipsum, fieldspar, gipsum, abuvulkanik, pasir kuarsa (Panda, 2012).



Gambar 2.3 Struktur montmorilonit dalam bentonit (Syuhada *et al.*, 2008)

Komponen montmorilonit yang besar dalam bentonit berperan terhadap kemampuan pertukaran ion pada bentonit. Kisi kristalnya mempunyai sifat yang bisa membengkak. Hal ini bisa terjadi karena air bisa memasuki ruang antar lempeng (interlayer) sehingga memperbesar jarak antara kedua lempeng tersebut. Rumus umum montmorilonit ialah  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (Munir, 1996).

Susunan montmorilonit terdiri lempeng oktahedral dengan Al, Fe, Mg yang diapit oleh lapisan tetrahedral asam silikat. Dalam bagian ini ada permukaan yang dicirikan oleh adanya gugusan hidroksil yang bersifat menarik molekul air, yang dipolalisir sehingga memungkinkan adanya pembengkakan kisi kristal. Apabila pH tidak terlalu rendah maka ion hidroksil akan mengalami disosiasi dan  $\text{H}^+$  dipertukarkan dengan kation lainnya (Munir, 1996).

Secara alami struktur montmorilonit mengalami substitusi isomorfis, yaitu posisi  $\text{Al}^{3+}$ , digantikan oleh  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Si}^{4+}$  digantikan  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . Sebagai hasilnya terdapat muatan negatif pada permukaan dan harus dinetralkan oleh kation seperti  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  yang terserap di ruang interlayer montmorilonit. Kation yang

terserap di ruang interlayer disebut kation interlayer (*exchangeable cations*) (Panda, 2012).

Bentonit sendiri diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu Na-Bentonit yang dapat mengembang dan jenis Ca-Bentonit yang sulit mengembang.

#### 1. Na-Bentonit

Na-Bentonit mengandung relatif lebih banyak ion  $\text{Na}^+$  dibandingkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Bentonit ini dapat mengembang hingga 8-15 kali apabila dicelupkan ke dalam air dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Posisi pertukaran ion terutama diduduki oleh ion natrium. Penggunaan utama bentonit adalah sebagai lumpur pembilas pada kegiatan pemboran, pembuatan pelet biji besi, penyumbat kebocoran bendungan dan kolam. Selain itu digunakan juga dalam industri minyak sawit dan farmasi. Sementara Ca-Bentonit mengandung lebih banyak ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dibandingkan dengan ion  $\text{Na}^+$ .

#### 2. Ca-Bentonit

Ca-Bentonit kurang menyerap air, hal ini disebabkan ikatan yang lebih kuat antara Ca dengan lembaran interlayer bentonit yang mengandung gugus  $\text{O}^-$  dari ikatan  $\text{SiO}_4^-$  dibandingkan ikatan dengan Na. Tetapi secara alamiah ataupun setelah diaktifkan dengan asam, mempunyai sifat menghisap yang baik dan tetap terdispersi dalam air. Perbandingan kandungan Na dan Ca rendah. Posisi pertukaran ion lebih banyak diduduki oleh ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$ . Ca-Bentonit dipergunakan sebagai bahan pemucat warna pada proses pemurnian minyak goreng, katalis pada industri kimia, zat pemutih, zat penyerap dan sebagai filler pada industri kertas dan polimer

(Syuhada *et al.*, 2008).

### 2.3.3 Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman yang pada umumnya sangat diperlukan pembentukan atau pertumbuhan bagian – bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar. Nitrogen merupakan elemen yang sangat esensial penyusun bermacam – macam persenyawaan baik organik maupun anorganik. Ketersediaan nitrogen di alam berada dalam beberapa bentuk persenyawaan, yaitu berupa  $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3^-$  dan  $NH_4^+$  (Soetedjo, 1999).

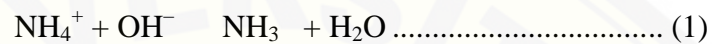
Unsur N banyak tersedia atau berlimpah di dalam udara dalam bentuk  $N_2$ , tetapi bentuk tersebut terlebih dahulu harus difiksasi dengan unsur hidrogen ataupun oksigen dan air. Sumber N utama dalam tanah berasal dari bahan organik yang melalui proses mineralisasi  $NO_3^-$  dan  $NH_4^+$ . Selain itu N dapat juga bersumber dari atmosfer melalui curah hujan, penambatan (fiksasi) oleh mikroorganisme tanah baik secara simbiosis dengan tanaman maupun hidup bebas. Namun, keberadaan N dalam tanah sangat *mobile* sehingga dalam tanah N dalam bentuk  $NO_3^-$  mudah hilang melalui pencucian dan dalam bentuk  $N_2O$  dan  $N_2$  menguap ke udara (Soetedjo, 1999).

Nitrogen dapat dimanfaatkan oleh tanaman harus mengalami perubahan terlebih dahulu dalam bentuk ammonium ( $NH_4^+$ ) dan nitrat ( $NO_3^-$ ) dan hal dapat dihasilkan oleh :

1. Terjadinya halilintar di udara ternyata dapat menghasilkan zat nitrat, yang kemudian dibawa oleh air hujan meresap ke bumi
2. Bahan organik dalam bentuk sisa tanaman di alam terbuka (misalnya dalam pupuk kandang)
3. Pabrik – pabrik pupuk buatan (urea, ZA)
4. Dan oleh bakteri – bakteri

Salah satu sumber N yang banyak digunakan untuk pertanian adalah pupuk urea. Urea ( $CO[NH_2]_2$ ) di dalam air sangat mudah terurai dan melepaskan amonia dan  $CO_2$ . Selanjutnya  $NH_3$  akan diubah oleh enzim urease menjadi  $NH_4^+$  sehingga dapat diserap akar menjadi sumber N bagi tanaman (Soetedjo, 1999).

Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) adalah suatu ion hasil hidrolisis ammonia ( $\text{NH}_3$ ), dimana  $\text{NH}_3$  merupakan hasil hidrolisis dari urea yang ada dalam urin. Ammonium adalah ion yang tidak berwarna, berbau menyengat dan berbahaya bagi kesehatan. Garam – garam ammonium umumnya adalah senyawa – senyawa yang mudah larut dalam air. Melalui pemanasan, semua garam ammonium terurai menjadi ammonia dan asam yang sesuai, kecuali jika asamnya tak menguap. Gas ammonia akan dilepaskan ketika campuran senyawa dipanaskan pada reaksi berikut :



(Svehla, 1985).

Ammonium bersifat basa sebagai “substansi bergabung dengan ion hidrogen (proton)”. Ammonium dalam larutan berada dalam reaksi kesetimbangan berikut :



Ammonium bereaksi sebagai basa karena adanya pasangan bebas yang aktif dari nitrogen. Nitrogen lebih elektronegatif dari hidrogen sehingga menarik ikatan elektron pada molekul ammonia kearahanya. Atau dengan kata lain dengan adanya pasangan bebas terjadi muatan negatif disekitar atom nitrogen sehingga menarik hidrogen dalam air (Svehla,1985).

#### 2.4 Metode Potensiometri

Potensiometri adalah teknik analisis elektrokimia yang didasarkan pada hubungan antara potensial sel dengan konsentrasi spesi kimia dari potensial antara dua elektroda. Dengan pengukuran potensial reversibel pada elektroda, maka perhitungan aktifitas atau konsentrasi suatu komponen dapat dilakukan. Potensiometri merupakan aplikasi langsung dari persamaan Nerst dengan cara pengukuran potensial dua elektroda tidak terpolarisasi pada kondisi arus nol. Persamaan Nerst memberikan hubungan antara potensial relatif suatu elektroda dan konsentrasi spesies ioniknya yang sesuai dengan larutan (Khopkar, 1990).

Terdapat dua metode yang digunakan dalam melakukan eksperimen. Metode pertama dilakukan pengukuran tunggal terhadap potensial itu cukup dengan

menetapkan aktivitas ion yang diminati disebut potensiometri langsung. Penetapan metode ini digunakan dalam pengukuran pH larutan air dan telah berkembang secara meluas dalam penetapan ion-ion lain lewat penggunaan *ion selective electrode* (ISE). Elektroda merupakan sebuah logam yang jika dimasukkan kedalam larutan elektrolit, akan terjadi pemisahan muatan yang berada di elektroda dan di larutan, perbedaan inilah yang menyebabkan adanya potensial. Pengukuran beda potensial dapat dilakukan dengan menggabungkan dua kombinasi sel (sel elektrokimia). ISE adalah suatu elektroda atau sensor yang bekerja secara potensiometri yang akan memberikan respon berupa potensial listrik terhadap ion tertentu secara selektif. Potensial yang terbentuk ( $E$ ) dihitung melalui persamaan.

$$E_{\text{sel}} = \text{konstanta} + \frac{0,0}{n} \log Q \dots\dots\dots (3)$$

ISE dapat digunakan sebagai detektor titik akhir dalam titrasi ataupun langsung ditentukan konsentrasinya dari pengukuran potensialnya (Khopkar, 1990).

Metode kedua, ion dapat dititrasi dan potensialnya diukur sebagai fungsi volume titran disebut titrasi langsung. Metode ini memanfaatkan pengukuran potensial untuk analisis titrimetri. Pengukuran potensiometri langsung sangat berguna untuk menetapkan aktivitas suatu spesies dalam suatu campuran kesetimbangan. Titrasi akan menghasilkan informasi stokiometri mengenai jumlah proton yang tersedia, sedangkan pengukuran langsung memberikan aktivitas kesetimbangan proton dalam larutan (Day dan Underwood, 1986).

### BAB 3. METEDOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai pada bulan November 2014 hingga selesai. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium CDAST (*Center of Development Advance of Science And Technology*) Universitas Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

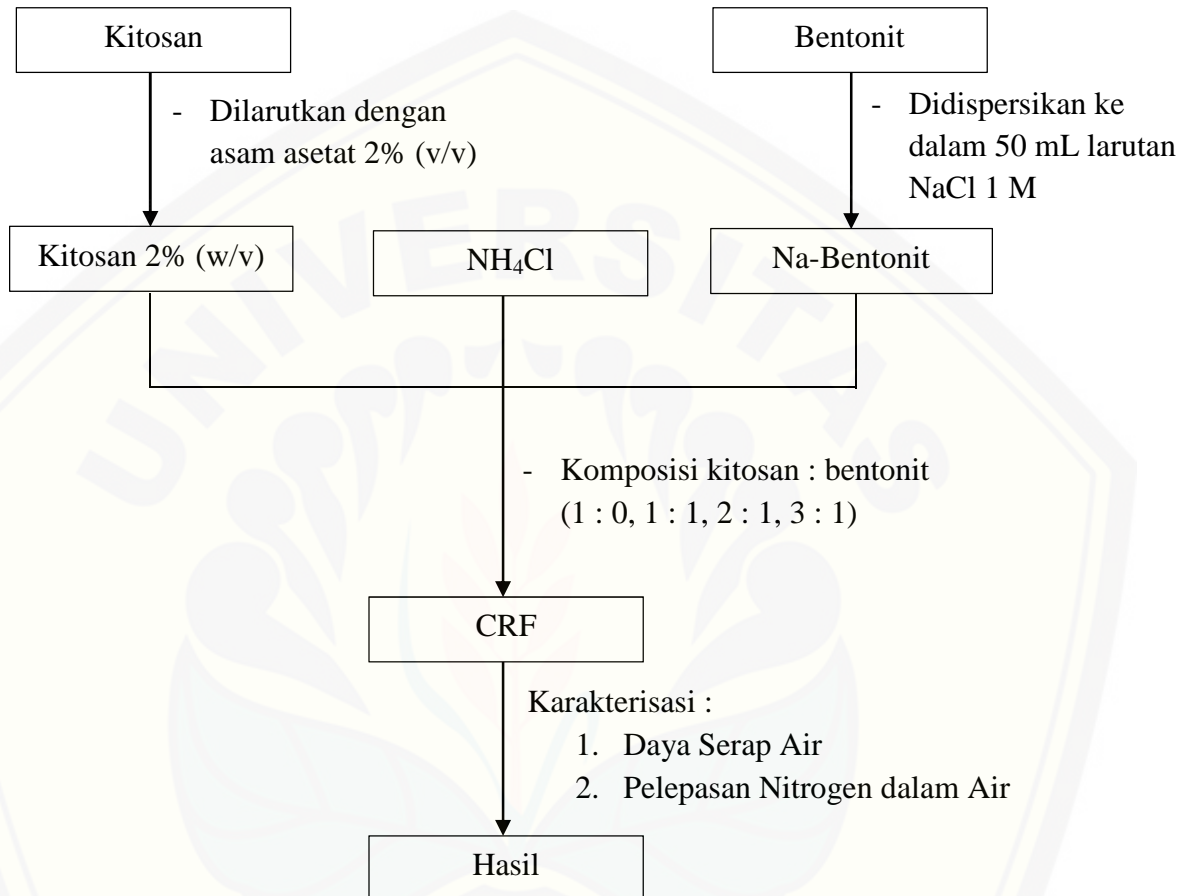
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, alat – alat gelas, pengaduk magnetik, suntik, kertas saring, spatula, mikropipet, botol semprot, *ion selective electrode*  $\text{NH}_4^+$  ELIT 8051 dengan *reference electrode* ELIT 003n (NICO 2000), pH meter (Hobrida), mikroskop stereo (Leica EZ4HD), kamera *smartphone* (Blackberry).

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kitosan (Sigma Aldrich; berat molekul 310 – 375 kDa), Bentonit (Sigma Aldrich; BM 284 kDa), Asam Asetat glasial (Merck;  $\rho = 1.05 \text{ g/cm}^3$ ;  $M = 60.05 \text{ g/mol}$ ), Akuades,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (Merck;  $M = 53,49 \text{ g/mol}$ ),  $\text{NaOH}$  (Merck;  $M = 40 \text{ g/mol}$ ),  $\text{NaCl}$  (Merck;  $M = 58,44 \text{ g/mol}$ ),  $\text{AgNO}_3$  (Merck;  $M = 169,37 \text{ g/mol}$ ),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (J.T. Baker;  $M = 249,6 \text{ g/mol}$ ).

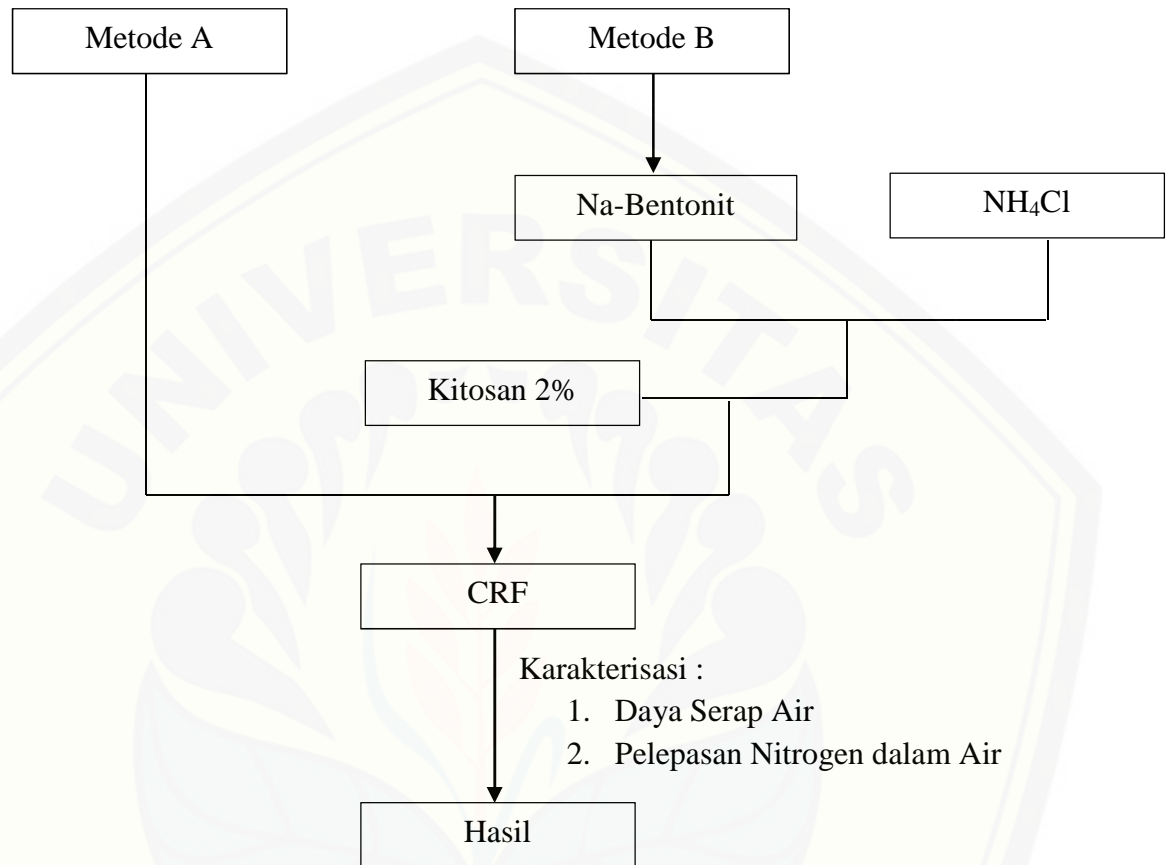
### 3.3 Diagram Alir Penelitian

#### 3.3.1 Pembuatan Matriks Kitosan/Bentonit dengan Variasi Komposisi





### 3.3.2 Pembuatan Matriks Kitosan/Bentonit dengan Perbandingan Metode



## 3.4 Prosedur Penelitian

### 3.4.1 Pembuatan *Controlled Release Fertilizer*

Proses pembuatan CRF dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu preparasi bahan dan pembentukan matriks kitosan/bentonit. Tahapan – tahapan tersebut secara detail akan diuraikan dalam prosedur sebagai berikut :

#### 3.4.1.1 Pembuatan Larutan

Bahan - bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

##### **Larutan Asam Asetat 2% (v/v)**

Pembuatan larutan asam asetat 2% (v/v) dilakukan dengan melarutkan 2 mL asam asetat glasial dengan akuades dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas.

##### **Kitosan 2% (w/v)**

Pembuatan kitosan 2% (w/v) adalah menimbang 1 gram kitosan dan dilarutkan dengan 50 mL asam asetat 2% ke dalam gelas kimia 100 mL. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik selama 2 jam hingga terbentuk suspensi (Hristodor *et al.*, 2012).

##### **Larutan NaCl 1 M**

Larutan NaCl 1 M dibuat dengan melarutkan 58,44 gram padatan NaCl ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas.

##### **Larutan AgNO<sub>3</sub> 1 M**

Larutan AgNO<sub>3</sub> 1 M dibuat dengan melarutkan 169,37 gram padatan AgNO<sub>3</sub> ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas.

##### **Na-Bentonit 2% (w/v)**

Sebanyak 25 gram bentonit didispersikan ke dalam 500 mL larutan NaCl 1 M. Suspensi diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam pada suhu 70°C. Campuran dipisahkan dengan cara didekantasi dan endapan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan sisa ion klorida. Filtrat diuji dengan larutan AgNO<sub>3</sub> 1 M sampai tidak terbentuk endapan AgCl putih. Endapan bentonit dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam (Panda, 2012).

Pembuatan Na-bentonit 2% (w/v) adalah dengan menimbang 1 gram Na-bentonit yang sudah kering dan dilarutkan dengan akuades dalam *beaker glass* 50 mL. Campuran ini diaduk dengan pengaduk magnetik selama 2 jam (Hristodor *et al.*, 2012).

**Larutan NaOH 1 M**

Pembuatan larutan NaOH 1 M yaitu dengan melarutkan padatan 40 gram NaOH dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas.

**Larutan CuSO<sub>4</sub> 1M**

Pembuatan larutan CuSO<sub>4</sub> 1 M yaitu dengan melarutkan padatan CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O sebanyak 24,96 gram dengan akuades dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas.

**Larutan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 500 ppm**

Larutan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 500 ppm dibuat dengan melarutkan 1,486 gram padatan NH<sub>4</sub>Cl ke dalam labu ukur 1 L, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 500 diambil sebanyak 80, 60, 40, dan 20 mL dan kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL serta ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang dibuat mempunyai konsentrasi 400 ppm, 300ppm, 200 ppm, dan 100 ppm.

**3.4.1.2 Pembuatan Matriks Kitosan/Bentonit**

Matriks kitosan/bentonit dibuat dengan mencampurkan 100 mL bentonit 2% ke dalam 100 mL kitosan 2% secara perlahan – lahan. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik selama 2 jam, selanjutnya ditambahkan 0,148 gram NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan diaduk selama 2 jam hingga keseluruhan larutan homogen. Campuran yang terbentuk dibentuk *beads* dengan menggunakan jarum suntik sebagai catakannya yang diteteskan ke dalam larutan NaOH 1 M. *Beads* yang terbentuk disaring dan dioven pada suhu 40°C selama 24 jam untuk mempercepat proses pengeringan. Dilanjutkan dengan cara yang sama, matriks kitosan/bentonit dibuat dengan komposisi kitosan : bentonit yang berbeda-beda (1 : 0; 3 : 1; 2 : 1; 1 : 1). Detail komposisi pembuatan matriks bisa dilihat pada tabel 3.1 (Panda, 2012).

Tabel 3.1 Komposisi pembuatan matriks kitosan/bentonit

Perbandingan Kitosan : Bentonit	1 : 0	3 : 1	2 : 1	1 : 1
Kitosan (g)	1	1	1	1
Na-Bentonit (g)	0	0,33	0,50	1
NH <sub>4</sub> Cl (g)	0,148	0,148	0,148	0,148

#### 3.4.1.3 Pengaruh Perbedaan Perlakuan Preparasi Matriks Kitosan/Bentonit.

Dalam penelitian ada dua jenis perlakuan preparasi matriks yang akan diuji sifat daya serap air dan pelepasan N. Pada tahapan ini, matriks yang akan diuji adalah matriks yang memiliki laju pelepasan N paling tinggi seperti prosedur pada poin 2. Dua perlakuan ini kemudian disebut metode A dan B. Metode A, dilakukan pencampuran kitosan dengan bentonit terlebih dahulu. Campuran yang terbentuk kemudian ditambahkan nutriennya. Perbedaan metode A dengan metode B yaitu pada metode B pencampuran diawali dengan tahap pencampuran bentonit dengan nutrisi (NH<sub>4</sub>Cl) sebanyak 0,148 gram ke dalam bentonit selama 2 jam. Bentonit yang sudah ditambahkan nutrisi, selanjutnya dicampurkan ke dalam 50 mL kitosan 2% dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 2 jam. Campuran yang terbentuk dibentuk *beads* dengan menggunakan jarum suntik sebagai catakannya yang diteteskan ke dalam larutan NaOH 1 M disertai pengadukan. *Beads* yang terbentuk disaring dan dioven pada suhu 40°C selama 24 jam untuk mempercepat proses pengeringan.

#### 3.4.2 Karakterisasi *Controlled Release Fertilizer*

##### 3.4.2.1 Analisa Daya Serap Air

Masing-masing komposisi CRF berbasis matriks kitosan/bentonit yang telah terbentuk ditimbang dan dicatat sebagai berat kering ( $m_0$ ). *Beads* CRF direndam dalam gelas kimia 50 mL yang berisi akuades selama 24 jam pada suhu kamar.

Setelah 24 jam *beads* CRF ditimbang hingga massa konstan ( $m_1$ ). Besarnya daya serap air dihitung dengan persamaan :

$$\% \text{ DSA} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (4)$$

(Jamnongkan dan Kaewpirom, 2010).

Tabel 3.2 Hasil analisa daya serap air

Komposisi CRF (kitosan : bentonit)	Berat CRF		% DSA
	$m_0$	$m_1$	
1 : 0			
3 : 1			
2 : 1			
1 : 1			

#### 3.4.2.2 Analisa Pelepasan Nitrogen

##### **Pengukuran Pelepasan Nitrogen dalam Air**

Pengukuran konsentrasi nitrogen dalam air yang dilepas dari *beads* CRF dianalisis secara statis yang dilakukan selama 7 hari di dalam air. Sebanyak 1 gram CRF ditempatkan dalam gelas kimia 50 ml. CRF didistribusikan pada 8 gelas kimia mengandung 50 mL air. Tiap gelas kimia disimpan pada suhu kamar. Selama percobaan larutan sampel diambil dari wadah secara berurutan untuk pengukuran konsentrasi N setiap 24 jam (Tomaszewska dan Jarosiewicz, 2002).

Sebanyak 10 mL filtrat sampel dimasukkan ke dalam gelas kimia 25 mL dan ditambahkan 1 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  1 M sebagai ion selektif adjuser (ISA). Kemudian elektoda spesifik ion dicelupkan ke dalam larutan dan ditunggu sampai nilai potensial yang terbaca pada pH meter stabil. Pengukuran beda potensial dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

### Pembuatan Kurva Kalibrasi

Larutan standar  $\text{NH}_4^+$  dengan konsentrasi 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm dipipet sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 25 mL dan ditambahkan 1 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  1 M sebagai ISA. Kemudian elektoda spesifik ion dicelupkan ke dalam larutan dan ditunggu sampai nilai potensial yang terbaca pada mV meter stabil. Pengukuran beda potensial dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Kurva kalibrasi diperoleh dengan memplotkan nilai potensial larutan standar dengan logaritma konsentrasi  $\text{NH}_4^+$ .

Tabel 3.3 Hasil analisa pelepasan ammonium

Komposisi CRF (kitosan : bentonit)	Kadar Ammonium (%)							
	Hari 0	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
1 : 0								
3 : 1								
2 : 1								
1 : 1								

### 3.4.3 Analisis Adsorpsi Ammonium dalam Bentonit

Pengukuran absorpsi dilakukan dengan memasukkan 0,05 gram bentonit ke dalam tabung erlenmeyer 100 mL dan 60 mL larutan  $\text{NH}_4^+$  500 ppm. Campuran diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu pengadukan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 90 menit. Setelah diaduk, campuran dipisahkan dengan cara filtrasi. Filtrat diukur dengan menggunakan *ion selective electrode*  $\text{NH}_4^+$  (Wang *et al*, 2014).

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sifat matriks kitosan/bentonit dipengaruhi oleh jumlah kandungan bentonit dalam komposisi matriks. DSA matriks mengalami penurunan sesuai bertambahnya jumlah bentonit, sehingga didapatkan nilai DSA komposisi  $1 : 0 > 3 : 1 > 2 : 1 > 1 : 1$ .
2. Pelepasan  $\text{NH}_4^+$  dari CRF berbagai komposisi kitosan : bentonit meningkat maksimal hingga hari ke-3 perendaman. Urutan besarnya pelepasan  $\text{NH}_4^+$  dari berbagai komposisi CRF adalah  $1 : 1 > 2 : 1 > 3 : 1 > 1 : 0$ .
3. Perlakuan preparasi pada pembuatan matriks kitosan/bentonit B memiliki pelepasan yang lebih lambat (*slow release*) dibandingkan perlakuan A, berdasarkan adanya adsorpsi  $\text{NH}_4^+$  pada bentonit.

### 5.2 Saran

Dalam penelitian yang telah dilakukan belum didapat pelepasan yang ideal  $\text{NH}_4^+$  dalam matriks CRF. Dengan demikian penelitian selanjutnya deteksi  $\text{NH}_4^+$  dapat dilakukan menggunakan metode yang lain.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Azeem, Kushaari, Man, Bassit, & Thanh. 2014. Review Material and Method to Produce Controlled Release Coated Urea Fertilizer. *Journal of Controlled Release*. Vol. 181(4): 11–21.
- Basuki, Swantomo, Sigit, & Sanyoto. 2013. “Pembuatan Matriks Controlled Release Fertilizer Berbasis Smart Hidrogel Biodegradable Kitosan-Akrilamida Menggunakan Radiasi Gamma”. Skripsi. Jakarta : STTN – Batan.
- Bishop, Fody, & Schoeff. 2013. *Clinical Chemistry: Principles, Tecniques, Correlations Seventh Edition*. Philadelphia : Lippincott Williams & Willkins.
- Chien, Prochnow, & Cantarella. 2009. Recent Developments of Fertilizer Production and Use to Improve Nutrient Efficiency and Minimize Environmental Impacts. *Advances in Agronomy*. Vol. 102: 261–316.
- Croisier & Jerome. 2013. Chitosan-based Biomaterials for Tissue Engineering. *European Polymer Journal*. Vol. 49 (4): 780–792.
- Day & Underwood. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- Fan & Singh. 1989. *Controlled Release a Quantitative Treatment*. Berlin Heildienberg : Springer –Verlag.
- Goenadi, D. H. 2005. “Pupuk Majemuk Lepas Terkendali (PMLT)”. Skripsi. Bogor : IPB.
- Hamid, Mohamad, Hing, Dimin, Azam, Hassan, Ahmad, & Shaaban. 2013. The Effect of Chitosan to Physical and Degradation Properties of Biodegradable Urea Fertilizer. *Journal of Scientific and Innovative Research*.



- Hristodor, Vrinceanu, Pui, Novac, Copcia, & Popovici. 2012. Textural and Morphological Characterization of Chitosan/Bentonite Nanocomposite. *Environmental Engineering and Management Journal*. Vol. 11 (3): 573 – 578.
- Jamnongkan & Kaewpirom. 2010. Controlled-Release Fertilizer Based on Chitosan Hydrogel: Phosphorus Release Kinetics. *Science Journal*. Vol. 1 (1): 43 – 50.
- Jamaluddin, M. A. 1994. “Isolasi dan Pencirian Limbah Udang Windu (*Penaeus monodon* FABRICIUS) dan Afinitasnya Terhadap Ion Logam  $Pb^{2+}$ ,  $Cr^{6+}$  dan  $Ni^{2+}$ ”. Skripsi. Bogor : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Jin Li, Jun Cai, & Lihong Fan. 2008. Effect of Sonolysis on Kinetics and Physicochemical Properties of Treated Chitosan. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 109: 2417-2425.
- Khan, Peh, & Chang. 2002. Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan: The Influence of analytical Methods. *J Pharm Pharmaceut Sci*. Vol. 5 (3): 205-212.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI-Press.
- Landis & Dumroese. 2009. *Using Polymer-coated Controlled-release Fertilizers in the Nursery and After Outplanting*. Forest Nursery Notes.
- Lee, Wen-Fu & Yung-Chu Chen. 2003. Effect of Bentonite on the Physical Properties and Drug Release Behavior of Poly(AA-co-PEGMEA)/Bentonite Nanocomposite Hydrogels for Mucoadhesive. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 91: 2934-2941.
- Munir, Moch. 1996. *Geologi dan Minerologi*. Jakarta : PT Dunia Pustaka Jaya.
- Muzarelli, Jayakumar, & Prabakaran. 2010. *Chitosan for Biomaterials I*. London : Springer Heidelberg Dordrecht.
- NICO 2000. 2015. Method for determining the concentration of ammonium ( $NH_4^+$ ) in aqueous solutions. [serial on line]. [.http://www.nico2000.net/analytical/ammonium.htm](http://www.nico2000.net/analytical/ammonium.htm). [1 Agustus 2015].

- Orion. 2009. *User Guide Standard Ammonia Ion Selesctive Electrode*. Thermo Fisher Scientific Inc.
- Panda, R. D. 2012. “Modifikasi Bentonit Terpillar Al dengan Khitosan untuk Adsorpsi Logam Berat”. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.
- Svehla, G., 1985, *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Media Pustaka.
- Soetedjo, M M. 1999. *Pupuk dan Cara Pemupukan Cetakan Keenam*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Sprynskyy, Lebedynets, Zbytniewski, Namie´snik, & Buszewski. 2005. Ammonium Removal from Aqueous Solution by Natural Zeolite, Transcarpathian Mordenite, Kinetics, Equilibrium and Column Tests. *Separation and Purification Technology*. Vol 46: 155 – 160.
- Steven, Malcom P. 2007. *Kimia Polimer Cetakan Kedua*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Syuhada. 2008. Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Vol. 2 (1).
- Tomaszewska, M & Jarosiewicz, A. 2002. Use of Polysulfone in Controlled-Release NPK Fertilizer Formulations. *Journal of Agricultur and Food Chemistry*. Vol 50: 4634-4639.
- Trenkel, M. E. 1997. *Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture*. Paris : the International Fertilizer Industry Association.
- Wang, Lu, Gao, Xu, Zhang, Bai, Liu & Wu. 2014. Highly Efficient Adsorption of Ammonium Onto Palygorskite Nanocomposite and Evaluation of Its Recovery As a Multifunctional Slow-Release Fertilizer. *Chemical Engineering Journal*. Vol 252: 404-414
- Wenten, I. G. 1999. *Teknologi Membran Industrial*. Kumpulan Makalah. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. DAYA SERAP AIR

Tabel 1. Daya serap air dengan variasi komposisi kitosan : bentonit

CRF	Ulangan	$m_0$	$m_1$	DSA (%)	Rata – rata
1 : 0	1	0,0223	0,1640	635,4709	651,9843
	2	0,0218	0,1604	635,5505	
	3	0,0219	0,1719	684,9315	
3 : 1	1	0,0215	0,1311	509,7674	510,5024
	2	0,0221	0,1384	526,2443	
	3	0,0222	0,1322	495,4955	
2 : 1	1	0,0218	0,1109	408,7156	415,7291
	2	0,0203	0,1094	438,9163	
	3	0,0225	0,1124	399,5556	
1 : 1	1	0,0229	0,0983	329,2576	320,7713
	2	0,0217	0,0900	314,7465	
	3	0,0213	0,0891	318,3099	

Tabel 2. Daya serap air dengan variasi metode pembuatan matriks kitosan/bentonit

CRF	Ulangan	$m_0$	$m_1$	DSA (%)	Rata – rata
Metode A	1	0,0229	0,0983	329,2576	320,7713
	2	0,0217	0,0900	314,7465	
	3	0,0213	0,0891	318,3099	
Metode B	1	0,0218	0,0903	314,2202	317,7903
	2	0,0222	0,0956	330,6306	
	3	0,0223	0,0911	308,5202	

Contoh perhitungan :

$$DSA = \left( \frac{m_1 - m_0}{m_0} \right) \times 100 \%$$

$$DSA = \left( \frac{0,0983 - 0,0229}{0,0229} \right) \times 100 \%$$

$$DSA = 3,292576 \times 100 \%$$

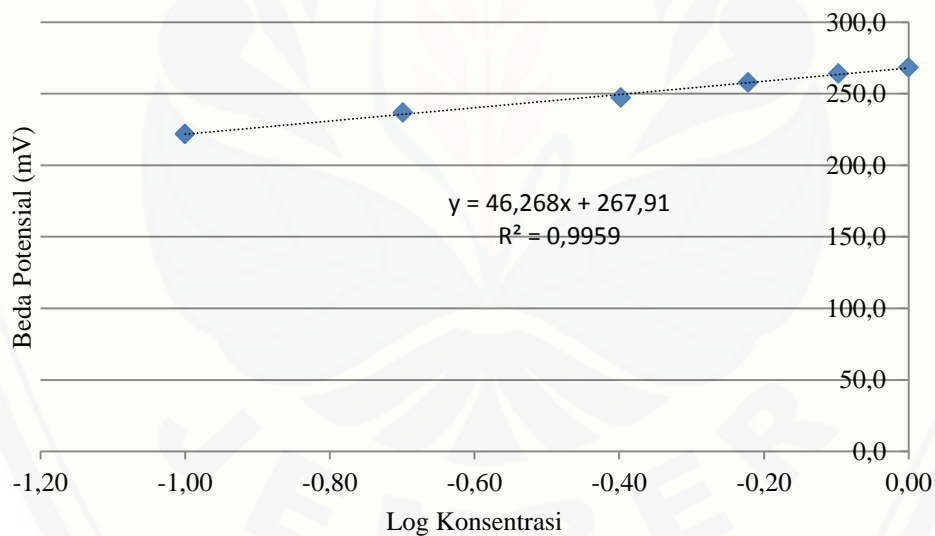
$$DSA = 329,2576 \%$$

**LAMPIRAN B. KURVA KALIBRASI LARUTAN STANDARD AMMONIUM**

Tabel 3. Larutan standard ammonium 0,1 – 1 ppm

Konsentrasi	Log Konsentrasi	Beda Potensial (mV)			Rata – rata	SD
0,1	-1,00	221	219	225	222	3,06
0,2	-0,699	237	237	236	237	0,58
0,4	-0,398	249	246	247	247	1,53
0,6	-0,222	257	258	258	258	0,58
0,8	-0,097	265	264	263	264	1,00
1	0,000	269	267	269	268	1,15

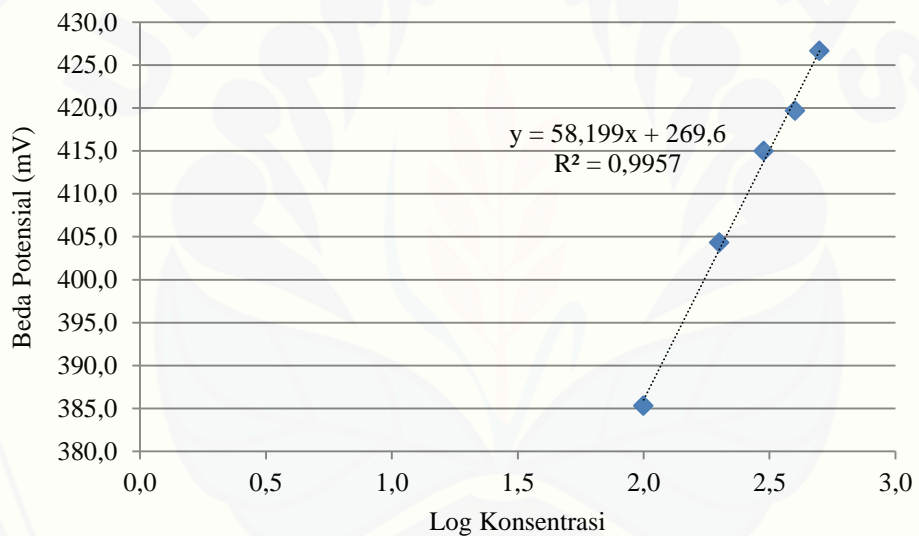
Grafik 1. Kurva kalibrasi standard ammonium 0,1 – 1 ppm



Tabel 4. Larutan standard ammonium 100 – 500 ppm

Konsentrasi	Log Konsentrasi	Beda Potensial (mV)			Rata – rata	SD
100	2,000	385	386	385	385,3	0,577
200	2,301	406	405	402	404,3	2,082
300	2,477	415	414	416	415,0	1,000
400	2,602	420	421	418	419,7	1,528
500	2,699	427	425	428	426,7	1,528

Grafik 2. Kurva kalibrasi standar Ammonium 100 – 500 ppm



**LAMPIRAN C. PELEPASAN NITROGEN PADA CRF**

Tabel 5. Pelepasan nitrogen pada CRF dengan variasi komposisi kitosan : bentonit

Hari	Komposisi CRF	Beda Potensial (mV)			Rata-rata	SD	Log ( N )	( N <sub>1</sub> )	( N <sub>0</sub> )	( N <sub>1</sub> /N <sub>0</sub> )
		1	2	3						
0	1 : 0	232	233	233	232,5	0,70	-0,7653	0,1717	58,04	0,2958
	3 : 1	235	233	234	234,0	1,41	-0,7329	0,18496	47,74	0,3874
	2 : 1	240	240	240	240,0	0,00	-0,6032	0,2493	45,54	0,5475
	1 : 1	242	240	241	241,0	1,41	-0,5816	0,26205	32,52	0,8058
1	1 : 0	241	240	240	240,5	0,70	-0,5924	0,2556	58,04	0,4404
	3 : 1	240	240	240	240,0	0	-0,6032	0,2493	47,74	0,5223
	2 : 1	245	243	244	244,0	1,41	-0,5168	0,3042	45,54	0,6680
	1 : 1	246	244	245	245,0	1,41	-0,4952	0,31974	32,52	0,9832
2	1 : 0	241	243	242	242,0	1,41	-0,5600	0,2754	58,04	0,4745
	3 : 1	238	240	239	239,0	1,41	-0,6032	0,2493	47,74	0,5223
	2 : 1	249	250	249	249,5	0,70	-0,3979	0,4000	45,54	0,8784
	1 : 1	248	250	249	249,0	1,41	-0,4087	0,3902	32,52	1,1999
3	1 : 0	238	237	237	237,5	0,70	-0,6573	0,2201	58,04	0,3793
	3 : 1	232	230	231	231,0	1,41	-0,7977	0,1593	47,74	0,3337

4	2 : 1	248	246	247	247,0	1,41	-0,4519	0,3533	45,54	0,7757
	1 : 1	252	248	250	250,0	2,82	-0,3871	0,4101	32,52	1,2611
	1 : 0	233	230	231	231,5	2,12	-0,7869	0,1633	58,04	0,2814
	3 : 1	230	229	229	229,5	0,70	-0,8302	0,1478	47,74	0,3097
	2 : 1	245	242	243	243,5	2,12	-0,5276	0,2968	45,54	0,6516
	1 : 1	248	245	246	246,5	2,12	-0,4627	0,3446	32,52	1,0596
5	1 : 0	232	228	230	230,0	2,82	-0,8194	0,1516	58,04	0,2611
	3 : 1	233	229	231	231,0	2,82	-0,7977	0,1593	47,74	0,3337
	2 : 1	243	242	242	242,5	0,70	-0,5492	0,2824	45,54	0,6200
	1 : 1	244	238	241	241,0	4,24	-0,5816	0,2621	32,52	0,8058
6	1 : 0	229	230	229	229,5	0,70	-0,8302	0,1478	58,04	0,2547
	3 : 1	229	225	227	227,0	2,82	-0,8842	0,1306	47,74	0,2735
	2 : 1	245	241	243	243,0	2,82	-0,5384	0,2895	45,54	0,6356
	1 : 1	239	236	237	237,5	2,12	-0,6573	0,2201	32,52	0,6769
7	1 : 0	229	229	229	229,0	0,00	-0,8410	0,1442	58,04	0,2485
	3 : 1	229	226	227	227,5	2,12	-0,8734	0,1338	47,74	0,2804
	2 : 1	242	243	242	242,5	0,70	-0,5492	0,2824	45,54	0,6200
	1 : 1	237	235	236	236,0	1,41	-0,6897	0,20431	32,52	0,6283



Tabel 6. Pelepasan nitrogen dengan variasi metode pembuatan CRF

Hari	CRF	Beda Potensial (mV)			Rata-rata	SD	Log ( N )	( N <sub>1</sub> )	( N <sub>0</sub> )	( N <sub>1</sub> /N <sub>0</sub> )
		1	2	3						
0	Metode A	242	240	241	241,0	1,41	-0,5816	0,26205	32,52	0,8058
	Metode B	218	220	219	219,0	1,41	-1,0571	0,0877	35,66	0,2458
1	Metode A	246	244	245	245,0	1,41	-0,4952	0,31974	32,52	0,9832
	Metode B	226	224	225	225,0	1,41	-0,9274	0,1182	35,66	0,3314
2	Metode A	248	250	249	249,0	1,41	-0,4087	0,3902	32,52	1,1999
	Metode B	235	230	232	232,5	3,53	-0,7653	0,1717	35,66	0,4814
3	Metode A	252	248	250	250,0	2,82	-0,3871	0,4101	32,52	1,2611
	Metode B	227	222	224	224,5	3,53	-0,9382	0,1153	35,66	0,3233
4	Metode A	248	245	246	246,5	2,12	-0,4627	0,3446	32,52	1,0596
	Metode B	220	215	217	217,5	3,53	-1,0895	0,0814	35,66	0,2282
5	Metode A	244	238	241	241,0	4,24	-0,5816	0,2621	32,52	0,8058
	Metode B	215	212	213	213,5	2,12	-1,1760	0,0667	35,66	0,1870
6	Metode A	239	236	237	237,5	2,12	-0,6573	0,2201	32,52	0,6769
	Metode B	214	211	212	212,5	2,12	-1,1976	0,0634	35,66	0,1779
7	Metode A	237	235	236	236,0	1,41	-0,6897	0,20431	32,52	0,6283
	Metode B	212	211	211	211,5	0,70	-1,2192	0,0604	35,66	0,1693

Contoh perhitungan pada CRF (1 : 0) :

1. Konsentrasi nitrogen ( $N_1$ ) yang dilepaskan (ppm)

persamaan kurva kalibrasi  $y = 46,268x + 267,91$

$$232,5 = 46,268x + 267,91$$

$$232,5 - 267,91 = 46,268x$$

$$- 35,41 = 46,268x$$

$$x = \frac{- 35,41}{46,268}$$

$$x = - 0,765$$

$$\text{anti log } x = 0,172 \text{ ppm}$$

2. Menghitung  $N_0$  pada *beads*

Pada *beads* 100 mL mengandung 0,148 g nitrogen yang menghasilkan 1,02 g.

Satu gelas kimia berisi 0,02 g *beads* direndam dalam 50 mL akuades

$$\frac{0,148 \text{ g}}{1,02 \text{ g}} = \frac{N_0}{0,02 \text{ g}}$$

$$2,96 \times 10^{-3} = 1,02 N_0$$

$$N_0 = 2,90 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Diubah dalam bentuk ppm, maka

$$N_0 = \frac{2,90 \times 10^{-3} \text{ g}}{50 \text{ mL}}$$

$$N_0 = \frac{2,90 \text{ mg}}{0,05 \text{ L}}$$

$$N_0 = 58,04 \text{ ppm}$$

3. Persen (%) Nitrogen yang dilepaskan pada CRF

$$\frac{N_1}{N_0} \times 100 \% = \frac{0,172 \text{ ppm}}{58,04 \text{ ppm}} \times 100 \% = 0,296 \%$$

**LAMPIRAN D. PENGARUH pH TERHADAP PELEPASAN NITROGEN**

Tabel 7. Perubahan nilai pH pada pelepasan nitrogen dengan variasi komposisi kitosan : bentonit

Hari	CRF	pH			Rata-rata
		1	2	3	
0	1 : 0	7,71	7,68	7,68	7,69
	3 : 1	7,58	7,63	7,59	7,60
	2 : 1	7,62	7,63	7,61	7,62
	1 : 1	7,66	7,66	7,69	7,67
1	1 : 0	7,77	7,70	7,75	7,74
	3 : 1	7,66	7,69	7,66	7,67
	2 : 1	7,60	7,65	7,64	7,63
	1 : 1	7,70	7,76	7,73	7,73
2	1 : 0	7,79	7,76	7,79	7,78
	3 : 1	7,71	7,73	7,69	7,71
	2 : 1	7,68	7,63	7,67	7,66
	1 : 1	7,74	7,73	7,75	7,74
3	1 : 0	7,80	7,78	7,79	7,79
	3 : 1	7,73	7,70	7,73	7,72
	2 : 1	7,68	7,62	7,65	7,65
	1 : 1	7,76	7,75	7,83	7,78
4	1 : 0	7,87	7,83	7,85	7,85
	3 : 1	7,76	7,77	7,78	7,77
	2 : 1	7,73	7,72	7,68	7,71
	1 : 1	7,80	7,79	7,75	7,78
5	1 : 0	7,86	7,88	7,87	7,87
	3 : 1	7,98	7,93	7,97	7,96

6	2 : 1	7,75	7,78	7,72	7,75
	1 : 1	7,80	7,85	7,78	7,81
	1 : 0	7,90	7,95	7,94	7,93
	3 : 1	7,98	7,92	8,01	7,97
	2 : 1	7,84	7,79	7,83	7,82
	1 : 1	7,83	7,80	7,86	7,83
7	1 : 0	7,97	8,01	8,11	8,03
	3 : 1	8,13	8,08	8,12	8,11
	2 : 1	7,85	7,79	7,82	7,82
	1 : 1	7,91	7,88	7,88	7,89

**LAMPIRAN E. ADSORPSI AMMONIUM PADA BENTONIT**

Tabel 9. Adsorpsi ammonium pada bentonit

Waktu (menit)	Beda potensial (mV)				SD	Log [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] <sub>0</sub> (ppm)	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] teradsorpsi (ppm)
				rata-rata				
0	427	427	426	426,67	0,577	2,699	500,0	0,0
15	426	427	426	426,33	0,577	2,693	493,2	6,9
30	427	426	424	425,67	1,528	2,682	486,4	13,6
45	426	426	424	425,33	1,528	2,676	474,2	25,8
60	424	423	422	423,00	1,000	2,636	432,0	68,0
90	423	422	413	422,67	0,577	2,630	426,6	73,4

Contoh perhitungan :

- Konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ppm)

persamaan kurva kalibrasi  $y = 58,199x + 269,6$

$$426,3 = 58,199x + 269,6$$

$$426,3 - 269,6 = 58,199x$$

$$156,7 = 58,199x$$

$$x = \frac{156,7}{58,199}$$

$$x = 2,692$$

$$\text{anti log } [\text{NH}_4^+] = 493,17$$

- Konsentrasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> teradsorp (ppm)

$$[\text{NH}_4^+]_0 = 500 \text{ ppm}$$

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{teradsorp}} = [\text{NH}_4^+]_0 - [\text{NH}_4^+]$$

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{teradsorp}} = 500 \text{ ppm} - 493,17 \text{ ppm}$$

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{teradsorp}} = 6,83 \text{ ppm}$$