

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN**  
**UJI SIFAT *BULK DENSITY*, DURABILITAS, DAN DAYA**  
**SERAP AIR PADA PUPUK *PELLET* UREA BERBASIS**  
**POLIMER ALAM DENGAN TEKNIK RADIASI**  
**DI PUSAT APLIKASI TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**  
**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL (BATAN)**  
**(1 Februari – 30 April 2016)**

Diajukan sebagai salah satu syarat akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH :**

**IQBAL ROMYDIAN                      1512007**

**SAMHANA                                1512030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN**  
**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

JUDUL TUGAS AKHIR : UJI SIFAT *BULK DENSITY*, DURABILITAS,  
DAN DAYA SERAP AIR PADA PUPUK  
*PELLET* UREA BERBASIS POLIMER ALAM  
DENGAN TEKNIK RADIASI

DISUSUN OLEH :  
NAMA / NIM : IQBAL ROMYDIAN (1512007)  
SAMHANA (1512030)  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir  
Program Studi Teknik Kimia Polimer  
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2016

Penguji

Penguji

**Ir. Roosmariharso, MBA**  
NIP. 195405231980031004

**Dr. Erfina Oktariani, ST, MT**  
NIP. 198210012014022001

Penguji

Penguji

**Sakri Widhianto, S.Teks, MM**  
NIP. 195303171978031001

**Dr. Ir. Agus Mundiyo**  
NIP. 195403281982031003



**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL PENELITIAN : UJI SIFAT *BULK DENSITY*, DURABILITAS, DAN  
DAYA SERAP AIR PADA PUPUK *PELLET* UREA  
BERBASIS POLIMER ALAM DENGAN TEKNIK  
RADIASI

DISUSUN OLEH :

NAMA : IQBAL ROMYDIAN dan SAMHANA

NIM : 1512007 dan 1512030

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat akademik Program Studi  
Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2016

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing  
Tugas Akhir

**Ir. Roosmariharso, MBA**  
**NIP. 195405231980031004**

**Ir. Roosmariharso, MBA**  
**NIP. 195405231980031004**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN : UJI SIFAT *BULK DENSITY*, DURABILITAS, DAN  
DAYA SERAP AIR PADA PUPUK *PELLET* UREA  
BERBASIS POLIMER ALAM DENGAN TEKNIK  
RADIASI

DISUSUN OLEH :

NAMA : IQBAL ROMYDIAN dan SAMHANA

NIM : 1512007 dan 1512030

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Mei 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing

**Dr. Ir. Gatot Trimulyadi Rekso, M.Si**

**NIP. 195411281985031002**

## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN**

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Nama : IQBAL ROMYDIAN  
NIM : 1512007  
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul :

### **UJI SIFAT *BULK DENSITY*, DURABILITAS, DAN DAYA SERAP AIR PADA PUPUK *PELLET* UREA BERBASIS POLIMER ALAM DENGAN TEKNIK RADIASI**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi, pada karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti yang diatas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2016  
Yang Membuat Pernyataan

Iqbal Romydian

## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN**

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Nama : SAMHANA  
NIM : 1512030  
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul :

### **UJI SIFAT *BULK DENSITY*, DURABILITAS, DAN DAYA SERAP AIR PADA PUPUK *PELLET* UREA BERBASIS POLIMER ALAM DENGAN TEKNIK RADIASI**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi, pada karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti yang diatas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2016  
Yang Membuat Pernyataan

Samhana

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Laporan yang berjudul “Uji Sifat *Bulk Density*, Durabilitas, dan Daya Serap Air pada Pupuk *Pellet* Urea berbasis Polimer Alam dengan Teknik Radiasi” dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Diploma IV Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Penelitian di Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dimaksudkan untuk melatih mahasiswa dalam menerapkan teori dan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa kuliah. Dengan tugas penelitian ini, diharapkan mahasiswa memiliki keterampilan dalam melakukan analisis, sintesis, analogi, generalisasi, mengembangkan hipotesis, mengembangkan konsep, melakukan percobaan dan mengambil keputusan.

Dalam penyusunan Laporan Penelitian ini, penyusun mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA. selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, sekaligus menjadi dosen pembimbing penyusun yang telah memberikan banyak motivasi dan bimbingan.
3. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Darmawan, A.pt. selaku Kepala Bidang Proses Radiasi “BATAN”.
5. Bapak Dr. Ir. Gatot Trimulyadi Rekso, M.Si. selaku pembimbing lapangan di Bidang Proses Radiasi “BATAN” yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan yang bermanfaat kepada penyusun selama pelaksanaan

dan penyusunan laporan penelitian ini, terima kasih juga atas masukan dan telah bersedia meluangkan waktu untuk membantu penyusun dalam penyusunan laporan ini.

6. Bapak Drs. A. Sudradjat selaku anggota Kelompok Bahan Industri di Bidang Proses Radiasi “BATAN” yang telah banyak membimbing dan menuntun penyusun serta memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini.
7. Seluruh Peneliti di Laboratorium Bidang Proses Radiasi “BATAN” yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung.
8. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan banyak ilmu kepada penyusun.
9. Orang tua kami yang telah memberikan cinta dan kasih sayangnya baik secara moril maupun materil dan selalu berdoa untuk kesuksesan penyusun.
10. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Kimia Polimer angkatan 2012, dan juga kakak-kakak senior yang telah banyak memberikan saran kepada penyusun.
11. Rekan-rekan seperjuangan pada pelaksanaan penelitian di Laboratorium Bidang Proses Radiasi (Sunoto, Edwart, Prasetyo, Imam, dan teman-teman Universitas Pancasila Fakultas Farmasi) yang telah banyak berbagi ilmu, informasi, serta canda tawa selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga telah meramaikan hari-hari kami selama penelitian dan segala keseruan saat kita berkumpul bersama merupakan kenangan yang terindah yang akan selalu kami kenang. Semoga kita semua dapat sukses dalam perkuliahan dan pekerjaan nanti.
12. Sahabat kami yang selalu menemani dalam suka dan duka, saat-saat kebersamaan kita menjadi kenangan yang tak terlupakan.
13. Serta seluruh pihak yang tak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu pada proses pelaksanaan maupun penyusunan laporan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan tugas akhir penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan atau kesalahan. Penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang berkaitan dengan penelitian ini. Akhir kata, semoga laporan tugas akhir penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat berguna sebagai bahan penambah ilmu pengetahuan.

Jakarta, Agustus 2016

Penyusun

## ABSTRAK

Untuk meningkatkan produktivitas pertanian diperlukan usaha perbaikan teknik budidaya. Salah satu usaha tersebut adalah dengan melakukan pemupukan yang efektif pada media tumbuh tanaman. Kenyataan di lapangan, penggunaan pupuk di persawahan Indonesia sangat boros, sehingga trilliunan rupiah terbuang sia-sia. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pupuk urea yaitu dengan melapisi pupuk urea menggunakan polimer yang dikenal dengan *slow release fertilizer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapisan polimer alam terhadap sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air pada pupuk *pellet* urea. Material penyusun polimer alam yaitu dengan komposisi pati 25 gram, oligokitosan 10 gram, akrilamida 15 gram, polivinil alkohol 15 gram dan *aquadest* 435 gram. Metode pembuatan pupuk *pellet* urea dengan berat 500 gram dilakukan dengan melapiskan polimer alam berdosis radiasi 10 kGy dan berat polimer alam sebesar 40 gram pada pupuk urea, kemudian pupuk urea yang sudah dilapisi polimer alam dicetak menggunakan alat *pelletizer* dengan kecepatan lambat. Hasil penelitian dari uji sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air didapatkan pupuk *pellet* urea dengan nilai sifat uji *bulk density* 0,57 g/ml, durabilitas 0,94 %, dan daya serap air 25,67 % pada waktu perendaman 5 detik dan pada waktu 10 detik nilai daya serap air menurun menjadi sebesar 5,50 % dengan waktu perendaman yang dimiliki pupuk *pellet* urea hingga larut sempurna yaitu selama 155 detik.

**Kata kunci:** Pupuk urea, *slow release fertilizer*, polimer, radiasi, pupuk *pellet* urea.

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING LAPANGAN	
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	
SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN	
DAFTAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	
KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Pupuk.....	4
2.2 Pupuk Urea .....	5
2.3 <i>Slow Release Fertilizer</i> (SRF).....	6
2.4 Radiasi .....	7
2.4.1 Jenis Radiasi .....	8
2.4.2 Sumber Radiasi Ionisasi .....	8
2.4.3 Dosis Radiasi.....	10
2.4.4 Efek Radiasi Pada Polimer .....	10
2.5 <i>Hidrogel</i> .....	11
2.5.1 Jenis <i>Hidrogel</i> .....	12

2.5.2 Struktur <i>Hidrogel</i> .....	13
2.6 Pati.....	13
2.7 Oligokitosan .....	14
2.8 Akrilamida.....	15
2.9 Polivinil Alkohol .....	16
2.10 <i>Pelletizer</i> .....	17
2.11 <i>Bulk Density</i> .....	17
2.12 Durabilitas .....	18
2.13 Daya Serap Air .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	19
3.2.1 Alat .....	19
3.2.2 Bahan.....	20
3.3 Variabel .....	20
3.3.1 Variabel Tetap .....	20
3.3.2 Variabel Bebas .....	21
3.4 Prosedur Penelitian .....	21
3.5 Prosedur Pembuatan Pupuk <i>Pellet</i> Urea Dengan Lapisan Polimer Alam .....	22
3.5.1 Persiapan Bahan Baku.....	22
3.5.2 Pembuatan Polimer Alam.....	22
3.5.3 Pencampuran dan Pencetakan Pupuk Urea Dengan Lapisan Polimer Alam .....	23
3.6 Uji Karakteristik Pupuk <i>Pellet</i> Urea.....	23
3.6.1 <i>Bulk Density</i> ASTM D1895 .....	23
3.6.2 Durabilitas ASTM D3744 .....	24
3.6.3 Daya Serap Air ASTM D1322 .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	26
4.1 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap <i>Bulk Density</i> Pada Jenis Pupuk Urea .....	27

4.2 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Durabilitas Pada Jenis Pupuk Urea .....	29
4.3 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Daya Serap Air Pada Jenis Pupuk Urea .....	30
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan .....	32
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Kimia Urea ( <i>Carbamide</i> ) .....	6
Gambar 2.2 Mekanisme Pelepasan Nutrisi dalam PCU.....	7
Gambar 2.3 Reaksi Pembentukan Ikatan Silang Pada Polimer.....	11
Gambar 2.4 Kerangka Jaringan Hidrogel.....	13
Gambar 2.5 Struktur Kimia Kitosan .....	15
Gambar 2.6 Struktur Kimia Akrilamida.....	15
Gambar 2.7 Struktur Kimia Poliakrilamida .....	16
Gambar 2.8 Struktur Kimia Polivinil Alkohol .....	16
Gambar 2.9 Alat <i>Pelletizer</i> .....	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Pembuatan Pupuk <i>Pellet</i> Urea.....	21
Gambar 4.1 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap <i>Bulk Density</i> Pada Jenis Pupuk Urea .....	28
Gambar 4.2 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Durabilitas Pada Jenis Pupuk Urea .....	29
Gambar 4.3 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Daya Serap Air Pada Jenis Pupuk Urea .....	30

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan di sektor pertanian Indonesia merupakan yang terpenting dari keseluruhan pembangunan di Indonesia. Alasan yang mendasari pentingnya pertanian di Indonesia antara lain: potensi sumber daya yang besar dan beragam; pangsa terhadap pendapatan nasional cukup besar; sebagian besar penduduk mata pencarian pada sektor pertanian dan; menjadi basis pertumbuhan di pedesaan (Kastono, 2005). Untuk meningkatkan produktivitas pertanian diperlukan usaha perbaikan teknik budidaya. Salah satu usaha tersebut adalah dengan melakukan pemupukan yang efektif pada media tumbuh tanaman. Adapun dua tujuan utama pemupukan adalah: mengisi perbekalan zat makanan tanaman yang cukup, dan memperbaiki atau memelihara keutuhan kondisi tanah, dalam hal struktur, kondisi pH, potensi pengikat terhadap zat makanan tanaman.

Kenyataan di lapangan, penggunaan pupuk di persawahan Indonesia sangat boros, sehingga trilliunan rupiah terbuang sia-sia. Petani pun harus menanggung biaya yang cukup besar untuk membeli pupuk yang digunakan untuk menyuburkan tanaman. Kendala yang terjadi pada pupuk dan harus diperhatikan dimana pupuk yang disebarkan pada tanaman tidak semua dapat diserap oleh tanaman, hanya sekitar 20-70% dari pupuk akan mengalami degradasi atau terbawa hanyut oleh air tanah, sehingga pemupukan tidak efisien (Shaviv, 2005). Oleh karena itu perlu dikaji cara lain agar unsur hara yang terdapat pada pupuk dapat dilepaskan secara perlahan dan terus-menerus dalam jangka waktu tertentu, sehingga kehilangan unsur hara akibat pencucian oleh air lebih kecil. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pupuk urea yaitu dengan melapisi pupuk urea menggunakan polimer yang dikenal dengan *slow release fertilizer*.

Penggunaan *slow release* menjadi populer untuk menghemat konsumsi pupuk dan meminimalisasi pencemaran lingkungan (Tomaszewska dan Jarosiewicz, 2003). Penggunaan *slow release* dapat diklasifikasikan menjadi dua

jenis (Shaviv, 2005) yaitu: bahan anorganik kelarutan rendah, seperti logam amonium fosfat, material yang secara kimia maupun biologis terdegradasi, seperti urea formaldehid, material yang dapat terurai dalam tanah secara bertahap; dan pupuk yang larut dalam air secara terkontrol secara fisik, seperti pupuk terlapisi.

Inovasi dasar dari penelitian ini adalah banyak pelapisan pupuk yang menggunakan polimer tidak *biodegradable* sehingga merugikan lingkungan. Di samping itu, biaya produksi yang digunakan juga relatif besar. Pada penelitian ini menggunakan pati sebagai pelapis urea yang merupakan polimer *biodegradable* termurah dan mudah didapat, sedangkan oligokitosan dalam bidang pertanian sudah dikenal sebagai bahan penginduksi pertumbuhan dan anti bakteri serta mampu mengendalikan kecepatan pelepasan unsur *nutrient* pupuk yang mudah hilang, kemudian akrilamida, dan polivinil alkohol (PVA) digunakan sebagai *superabsorbent* yang akan mengatur penyerapan air dalam pupuk yang sudah terlapisi.

Akhir-akhir ini banyak penelitian yang menggunakan pati sebagai polimer pelapis. Di samping keberadaanya yang sangat melimpah dan termasuk biopolimer termurah, pati juga *biodegradable* sehingga dipastikan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari efektivitas penggunaan pupuk urea yang sudah dilapisi pati, oligokitosan, dengan akrilamida dan polivinil alkohol sebagai *absorbentnya*. Proses pencetakan pupuk urea yang sudah dilapisi polimer dilakukan dengan menggunakan alat *Pelletizer*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana pengaruh lapisan polimer alam terhadap sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air pada pupuk *pellet* urea?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan baku yang digunakan adalah pupuk urea *granul*, *pretreatment* bahan baku secara fisik menggunakan alat *blender*.

2. Polimer alam berbahan baku pati sebanyak 25 gram, oligokitosan sebanyak 10 gram, akrilamida sebanyak 15 gram, dan polivinil alkohol (PVA) sebanyak 15 gram menggunakan teknik radiasi dengan dosis radiasi 10 kGy.
3. Kecepatan yang digunakan pada alat *pelletizer* yaitu kecepatan lambat.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air pada pupuk *pellet* urea.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air pupuk *pellet* urea.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pupuk**

Pupuk adalah material organik maupun anorganik yang mengandung zat hara yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman dengan tujuan untuk memaksimalkan pertumbuhan dan produktifitas (Sudarmoto, 1997). Pupuk mengandung bermacam-macam unsur hara yang diperlukan tanaman dalam kelangsungan hidupnya. Secara garis besar unsur hara yang dibutuhkan tanaman meliputi unsur hara makro antara lain : N (Nitrogen), P (Phospor), K (Kalium), Ca (Kalsium), Mg (Magnesium), dan S (Sulfur/Belerang). Unsur hara mikro meliputi : B (Boron), Cu (Tembaga), Zn (Seng), Fe (Besi), Mo (*Molibdenum*), Mn (*Mangan*), Cl (Klor), Na (Natrium), Co (*Cobalt*), Si (*Silicone*), Ni (Nikel). Pemberian pupuk pada tanamana dapat meningkatkan kadar hara dan kesuburan. Aktifitas pertanian yang secara terus menerus mengakibatkan kehilangan unsur hara pada tanah. Oleh karena itu, untuk mengembalikan ketersediaan hara pada media tanam diperlukan penambahan pupuk.

Berdasarkan jenis unsur hara yang dikandungnya, pupuk digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu :

##### a. Pupuk tunggal

Pupuk tunggal adalah pupuk dengan kandungan unsur hara satu macam. Biasanya berupa unsur hara makro primer, misalnya urea yang hanya mengandung unsur N (Nitrogen).

##### b. Pupuk majemuk

Pupuk majemuk adalah pupuk dengan kandungan unsur hara lebih dari satu macam. Misalnya NPK yang mengandung unsur N, P, dan K atau *Diammonium Phospate* (DAP) dengan kandungan nitrogen dan fosfor.

Berdasarkan cara melepaskan unsur hara, pupuk digolongkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

a. *Fast release fertilizer*

*Fast release fertilizer* adalah jenis pupuk yang kandungan unsur haranya mudah dan cepat diserap oleh tanaman. Pupuk jenis ini jika ditebarkan ke media tanam dalam waktu relatif singkat unsur hara yang dikandungnya akan dimanfaatkan langsung oleh tanaman. Jenis pupuk ini misalnya urea, ZA, dan KCl.

b. *Slow release fertilizer*

Pupuk *Slow release fertilizer* atau yang sering disebut dengan pupuk lepas terkendali (*controlled release fertilizer*) yaitu pupuk yang melepaskan unsur haranya sedikit demi sedikit sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga manfaat yang diperoleh tanaman dapat bertahan lama hanya dengan satu kali penggunaan pupuk, dibandingkan dengan pupuk fast release. Pupuk *slow release fertilizer* memadukan perlindungan kimiawi dengan teknik mekanis yang membuatnya dapat dilepaskan secara terkendali. Perlindungan secara kimiawi dilakukan dengan mencampurkan bahan pupuk dengan menggunakan zat kimia, sedangkan perlindungan mekanis diberikan dengan menggunakan pembungkus bahan pupuk yang terbuat dari selaput polimer. Perlindungan secara mekanis digolongkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Tanpa Radiasi

Pembungkus bahan pupuk yang terbuat dari selaput polimer ini dibuat tanpa menggunakan teknik radiasi.

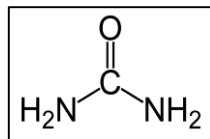
2. Radiasi

Pembungkus bahan pupuk yang terbuat dari selaput polimer ini dibuat menggunakan teknik radiasi. Pada teknik radiasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dari selaput polimer.

## 2.2 Pupuk Urea

Pupuk urea (*carbamide*) merupakan padatan kristalin putih dengan rumus kimia  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , yang sebagian besar kandungannya adalah nitrogen (Ruskandi, 1996). Urea ini biasanya dalam bentuk curah dan butiran. Senyawa urea memiliki berat jenis 1,3 g/l dengan titik leleh  $133^\circ\text{C}$ . Urea larut dalam air

tetapi tidak larut dalam pelarut organik. Senyawa nitrogen ini juga merupakan produk akhir dari metabolisme yang disekresikan oleh mamalia, dan disintesis dalam daur urea (reaksi biokimia yang mengubah amoniak menjadi urea). Urea juga disintesis dalam skala industri dari amoniak dan karbondioksida untuk digunakan dalam resin urea-formaldehid (resin sintetis yang mengandung gugus ulang (-NH-CO-O-) dan obat-obatan, pupuk nitrogen).



**Gambar 2.1 Struktur Kimia Urea (Carbamide)**

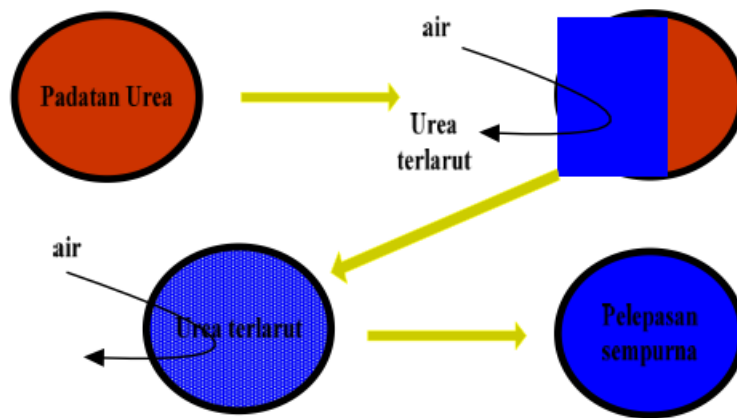
Sumber : Yenni Afri (2012)

Urea merupakan material kering dalam bentuk butiran atau curah, urea-N secara cepat terhidrolisis menjadi  $\text{NH}_4^+$ . Pupuk ini sering digunakan untuk aplikasi langsung dalam pupuk campuran, dan dalam larutan nitrogen. N (Nitrogen) yang pada aplikasi ini berwujud sebagai urea-N, dan sekitar 66% dari urea-N dihidrolisa menjadi Ammonia-N dalam penggunaan satu hari hingga satu minggu. Reaksi urea terhidrolisis dalam air sebagai berikut :



### 2.3 *Slow Release Fertilizer (SRF)*

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pupuk urea yaitu dengan pencampuran pupuk urea menggunakan polimer alam dengan teknik radiasi yang dikenal dengan *slow release fertilizer*. Prinsip SRF adalah pengaturan pelepasan *nutrient* dari pupuk untuk melindungi pupuk yang terlarut secara konvensional dengan pelapisan perlindungan dari bahan *semipermeabel*, tidak larut dengan air atau bahan berpori yang *permeable* (Yenni, 2012). Pengontrolan tersebut meliputi kecepatan air dan kecepatan pemisahan serta kebutuhan dari pelepasan nutrisi pupuk.



**Gambar 2.2 Mekanisme Pelepasan Nutrisi dalam PCU**

Sumber : Yenni Afri (2012)

*Slow release fertilizer* khususnya PCU (*polimer coating urea*) dapat melepaskan nutrisi yang terkandung dengan bantuan mikroorganisme ataupun kontak antara air dengan zat pelapis, sehingga menyebabkan tekanan internal untuk mengganggu membran dan melepaskan nutrisi yang tertutup. Nitrogen dilepaskan ketika segel rusak atau oleh difusi melalui pori-pori di lapisan. Jadi, tingkat pelepasan pupuk ini tergantung pada suhu, kelembapan dan tebal lapisan.

## 2.4 Radiasi

Radiasi adalah fenomena atau peristiwa penyebaran energi gelombang elektromagnetik atau partikel subatom melalui vakum atau media material (Batan, 2008). Pada teknik radiasi ini bertujuan meningkatkan efisiensi polimer alam agar melindungi pupuk yang terlarut secara konvensional dengan pelapisan perlindungan dari bahan *semipermeabel*, tidak larut dengan air atau bahan berpori yang *permeable*. Pengontrolan tersebut meliputi kecepatan air dan kecepatan pemisahan serta kebutuhan dari pelepasan nutrisi pupuk yang sering dikenal *Slow Release Fertilizer*.

### 2.4.1 Jenis Radiasi

Radiasi terdiri dari beberapa jenis, dan setiap jenis radiasi tersebut memiliki panjang gelombang masing-masing. Secara umum ada 2 (dua) jenis radiasi ionisasi yang banyak digunakan industri yang ditinjau dari massanya. Radiasi dapat dibagi menjadi radiasi elektromagnetik dan radiasi partikel. Radiasi elektromagnetik adalah radiasi yang tidak memiliki massa.

Radiasi ini terdiri dari gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak, sinar X, sinar gamma, dan sinar kosmik. Radiasi partikel adalah radiasi berupa partikel yang memiliki massa, misalnya partikel beta, alfa, dan neutron. Jika ditinjau dari muatan listrik, radiasi dapat dibagi menjadi radiasi pengion dan radiasi non-pengion.

Radiasi pengion adalah radiasi yang apabila menumbuk atau menabrak sesuatu, akan muncul partikel bermuatan listrik yang disebut ion. Peristiwa terjadinya ion ini disebut ionisasi. Ion ini kemudian akan menimbulkan efek atau pengaruh pada bahan, termasuk benda hidup.

### 2.4.2 Sumber Radiasi Ionisasi

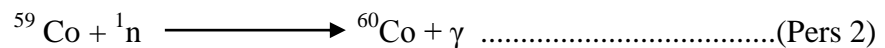
Radiasi ionisasi dapat diperoleh melalui sumber yang berbeda seperti radioisotop dan mesin. Radioisotop yang paling umum digunakan secara komersial adalah *Cobalt-60* dan *cesium-137*. Kedua radioisotop ini merupakan pengemisi gamma. Sumber radiasi ionisasi yang lain adalah akselerator partikel bermuatan negatif atau akselerator ion *beam*.

#### a. Radioisotop

Radioisotop adalah isotop yang bersifat radioaktif, artinya dari inti atom terpancar radiasi secara spontan. Kemampuan suatu radioisotop untuk memancarkan radiasi tersebut radioaktivitas. Radioaktivitas tersebut terjadi pada isotop yang bersifat tidak stabil yang mempunyai kelebihan neutron atau proton dalam intinya dan menghasilkan radiasi dapat berupa alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gamma ( $\gamma$ ) dan secara spontan akan meluruh keadaan stabil. Waktu yang diperlukan oleh radioisotop untuk seluruh menjadi separuh dari radioaktivitas

semula disebut waktu paruh, waktu paruh dari masing-masing radioisotop berbeda-beda.

Radiasi sinar gamma dihasilkan dari inti atom radioaktif yang umumnya digunakan sebagai sumber sinar gamma adalah *Cobalt-60* dan *cesium-137*. Diantara kedua sumber radiasi sinar gamma ini, yang paling banyak digunakan adalah *Colbalt-60* karena tersedia dalam jumlah banyak dan mempunyai energi radiasi yang lebih banyak dibanding dengan *cesium-137*. *Cobalt-60* mempunyai waktu paruh 5,6 tahun dan pembuatan radioisotop *Cobalt-60* dilakukan dalam reaktor atom dengan menembak *Colbalt-59* yang diperoleh dari alam dengan berkas-berkas neutron, reksinya sebagai berikut:



Perubahan *Cobalt-60* menghasilkan partikel beta dan radiasi gamma. *Cobalt* non radioaktif banyak digunakan sebagai pewarna pada keramik dan kaca. Sedangkan *Cobalt-60* dihasilkan secara komersial untuk bidang industri dan kesehatan.

b. Akselerator *beam*

Karena daya tembus yang terbatas maka elektron *beam* hanya dapat digunakan untuk produk-produk yang mempunyai ketebalan tertentu (<5 cm). Beberapa produk polimer seperti kabel, plastik dapat diiradiasi dengan berkas elektron untuk tujuan pembentukan ikatan silang (*Crosslinking*) sehingga diperoleh produk yang mempunyai kualitas yang baik. Di samping itu berkas elektron (elektron *beam*) dapat digunakan untuk pengawetan makanan (menghambat pertumbuhan dan membunuh mikroba patogen) serta sterilisasi produk kesehatan yang mempunyai dimensi atau ukuran kecil. Akselerator elektron yang digunakan secara komersial dapat menghasilkan berkas elektron dengan rentang energi antara 80 KeV sampai MeV. Elektron mempunyai penetrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan radiasi gamma.

### c. Irradiator

Irradiator gamma yang digunakan adalah irradiator karet alam (IRKA). Irradiator ini disamping untuk penelitian karet alam atau proses iradiasi lainnya dengan laju dosis relatif tinggi, irradiator ini juga digunakan untuk penerapan teknologi iradiasi gamma kepada masyarakat. Spesifikasi irradiator :

1. Sumber radiasi gamma : *Cobalt-60*
2. Tipe penyimpanan sumber radiasi: menggunakan kolom air.
3. Aktivitas maksimum *Cobalt-60* : 400.000 Ci.
4. Volume bahan maksimum yang diiradiasi per batch : 1,2 m<sup>2</sup>.

### 2.4.3 Dosis Radiasi

Dosis iradiasi merupakan parameter yang sangat penting pada proses iradiasi. Dosis iradiasi menentukan efektivitas hasil yang diperoleh. Dalam proses iradiasi dikenal dua macam dosis, yaitu dosis terpancar dan dosis serap. Dosis terpancar adalah besarnya energi yang dipancarkan oleh sumber iradasi selama proses berlangsung, sedangkan dosis serap adalah besarnya energi yang serap oleh bahan selama iradiasi.

Satuan dosis iradiasi adalah gray (Gy). Jika suatu bahan diiradiasi dengan dosis 1 Gy, artinya tiap kg bahan menyerap energi sebesar 1 joule ( $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ ). selain satuan Gy, dikenal pula satuan dosis rad, dimana  $1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$ , artinya tiap kg bahan menyerap energi sebesar 0.01 joule.  $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$  atau  $25 \text{ kGy} = 2,5 \text{ Mrad}$  (23,24).

### 2.4.4 Efek Radiasi Pada Polimer

Apabila suatu radiasi ionisasi mengenai molekul polimer akan terjadi reaksi kimia yang pada akhirnya akan menentukan sifat polimer tersebut. Secara garis besar terjadi dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua), yaitu reaksi pembentukan ikatan silang (*crosslinking*) dan degradasi. Ikatan silang (*crosslinking*) suatu polimer terjadi melalui ikatan dua rantai polimer yang berdekatan yang akhirnya suatu jaringan tiga dimensi, ikatan silang (*crosslinking*)



intelligent (*stimuliresponsive atau environmentally-sensitive hydrogel*). Perubahan yang terjadi pada *hidrogel* sebagai akibat perubahan kondisi lingkungan diantaranya pemisahan fasa (mengendap atau larut), perubahan fisik optik (bening), bentuk (mengembang atau menciut), sifat mekanik (keras atau lunak), sifat permukaan (basah atau kering), sifat elektrik (stimuli, penghambat reaksi atau sensor proses), permeabilitas (*semipermeable atau impermeable*). Atau polimer hidrofilik yang berikatan silang (*crosslinked*) melalui baik ikatan kimia atau gaya kohesi lain seperti intraksi ionik, ikatan hidrogen atau interaksi hidrofilik. Namun demikian tidak semua monomer atau polimer dapat disintesis menjadi *hidrogel* misalnya untuk sintesis menggunakan iradiasi monomer atau polimer disyaratkan harus mempunyai minimum atau gugus ikatan rangkap atau gugus fungsi yang membentuk radikal.

### **2.5.1 Jenis Hidrogel**

Berdasarkan asal-usulnya *hidrogel* dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu *hidrogel* berasal dari alam (alami) dan sintetik. Pada penelitian ini, polimer alam termasuk dalam jenis *hidrogel* berasal dari alam.

#### **a. Hidrogel Berasal Dari Alam (Alami)**

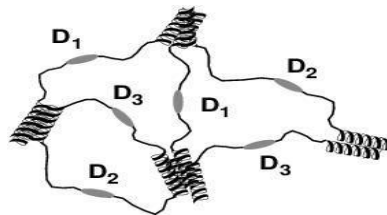
Dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai beberapa jenis *hidrogel* alami antara lain larutan kental sagu, jeli untuk rambut, agar, karaginan, alginate serta beberapa turunan senyawa karbohidrat lainnya. *Hidrogel* alami pada umumnya digunakan untuk media mikrobiologi, bahan baku dalam industri makanan atau kue, farmasi, dan kosmetik.

#### **b. Hidrogel Sintetik**

*Hidrogel* sintetik yang mudah di pasaran misalnya, kontak lensa yang dibuat dari 2-Hidroksil Etil Metakrilat (HEMA) merupakan salah satu jenis *hidrogel*; sintetik yang paling populer. Selain itu, polikrilamida merupakan *hidrogel* yang dipakai dalam berbagai aplikasi misalnya untuk elektroresis, implant pada tubuh, wadah penyimpanan air, dan penyerapan urin dalam popok bayi.

### 2.5.2 Struktur Hidrogel

Sebagai akibat dari proses reaksi radikal ikatan silang, molekul–molekul yang terbentuknya pada tahap awal reaksi selanjutnya berinteraksi satu dengan yang lainnya baik secara kimia maupun fisika sehingga terbentuknya suatu kondisi yang stabil dalam air dan hasil akhir dan proses tersebut adalah terbentuknya suatu kerangka jaringan yang unik membentuk cabang kompleks yang secara mikroskopik digambarkan seperti di bawah ini:



**Gambar 2.4 Kerangka jaringan hidrogel**

Sumber : Rekso G.T. (2013)

Keterangan :

- A. Rantai hidrofilik
- B. *Inter-chain Link* (ikatan rantai molekul yang berbeda )
- C. *Entanglement* (lilitan)
- D. *Loop 1* (lingkar 1)
- E. *Loop 2* (lingkar 2)
- F. *Bound water* (air terikat)
- G. *Free water* (air bebas)

### 2.6 Pati

Pati adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud buku putih, tawar dan tidak berbau. Pati ini termasuk bahan baku dari polimer alam. Pati tersusun dari dua macam karbohidrat, amilosa dan amilopektin, dalam komposisi yang berbeda-beda. Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilosa memberikan warna ungu pekat pada tes iodine sedangkan amilopektin tidak bereaksi. Pati merupakan komponen terbesar pada tepung ubi kayu (Hidayat, 2006).

Pada penelitian ini menggunakan pati sebagai salah satu bahan baku polimer alam. Di samping keberadaannya yang sangat melimpah dan termasuk biopolimer termurah, pati juga *biodegradable* sehingga dipastikan ramah lingkungan.

## 2.7 Oligokitosan

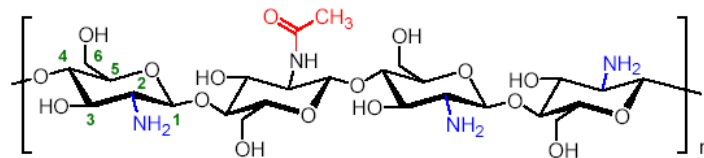
Kitosan merupakan bahan kimia multiguna berbentuk serat dan merupakan kopolimer berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kuning, tidak berbau. Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin melalui proses kimia menggunakan basa natrium hidroksida atau proses *enzimatis* menggunakan enzim *chitin deacetylase*. Serat ini bersifat tidak dicerna dan tidak diserap tubuh. Sifat menonjol kitosan adalah kemampuan mengabsorpsi lemak hingga 4-5 kali beratnya (Rismana, 2006).

Kitosan adalah senyawa kimia yang berasal dari bahan hayati kitin, suatu senyawa organik yang melimpah di alam ini setelah selulosa. Kitin ini umumnya diperoleh dari kerangka hewan invertebrata dari kelompok *Arthropoda sp*, *Molusca sp*, *Coelenterata sp*, *Annelida sp*, *Nematoda sp*, dan beberapa dari kelompok jamur. Selain dari kerangka hewan invertebrata, juga banyak ditemukan pada bagian insang ikan, trakea, dinding usus dan pada kulit cumi-cumi. Sebagai sumber utamanya ialah cangkang *Crustaceae sp*, yaitu udang, lobster, kepiting, dan hewan yang bercangkang lainnya, terutama asal laut. Sumber ini diutamakan karena bertujuan untuk memberdayakan limbah udang (Hawab, 2005).

Diperkirakan lebih dari 109-1.010 ton kitosan diproduksi di alam tiap tahun. Sebagai negara maritim, Indonesia sangat berpotensi menghasilkan kitin dan produk turunannya. Limbah cangkang rajungan di Cirebon saja berkisar 10 ton perhari yang berasal dari sekurangnya 20 industri kecil.

Kitosan adalah bahan alam yang dapat diproses menjadi oligokitosan, dengan mengiradiasi bahan tersebut menggunakan radiasi gamma sehingga menghasilkan produk bermanfaat di bidang pertanian, antara lain sebagai bahan promotor dan pupuk. "Manfaat oligokitosan antara lain dapat meningkatkan daya tumbuh tanaman (*growth promotor*), mencegah dan mengurangi penyakit

tanaman yang disebabkan jamur, bakteri dan virus, meningkatkan imunitas tanaman dari penyakit, serta meningkatkan produktivitas/hasil tanaman,” (Hendig Winarno, 2015). Oligokitosan ini termasuk salah satu bahan baku dari polimer alam.

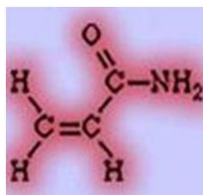


**Gambar 2.5 Struktur Kimia Kitosan**

Sumber : Rekso G.T. (2013)

## 2.8 Akrilamida

Akrilamida merupakan struktur kimia berwarna putih, tidak berbau, berbentuk kristal padat yang sangat mudah larut dalam air dan mudah bereaksi melalui reaksi amida atau ikatan rangkapnya. Akrilamida ini juga termasuk bahan baku dalam pembuatan polimer alam. Monomernya cepat berpolimerisasi pada titik leburnya atau di bawah sinar ultraviolet. Akrilamida memiliki rumus kimia  $C_3H_5NO$  dan berpotensi bahaya bagi kesehatan (dapat menyebabkan kanker atau karsinogenik).

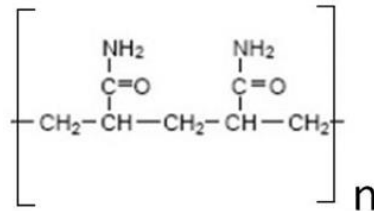


**Gambar 2.6 Struktur Kimia Akrilamida**

Sumber : Rekso G.T. (2013)

Akrilamida dapat membentuk rantai polimer panjang yang dikenal sebagai poliakrilamida, yang juga karsinogenik. Polimer ini dipakai dalam pengental karena akan membentuk gel bila tercampur air. Dalam laboratorium biokimia poliakrilamida dipakai sebagai fase diam dalam elektroforesis gel. Dipakai pula dalam penanganan limbah cair, pembuatan kertas, pengolahan

bijih besi, dan dalam pembuatan bahan pengepres. Beberapa akrilamida dipakai dalam pembuatan zat pewarna, atau untuk membentuk monomer lain.

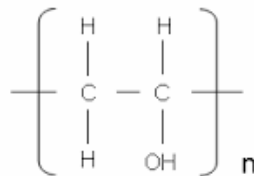


**Gambar 2.7 Struktur Kimia Poliakrilamida**

Sumber : Rekso G.T. (2013)

## 2.9 Polivinil alkohol (PVA)

Polivinil alkohol merupakan suatu polimer sintetik yang larut dalam air, yang diproduksi dari proses polimerisasi dan alkoholisasi vinil asetat. Polivinil alkohol memiliki bentuk film yang sangat bagus, bersifat emulsifier dan adisif. Tahan terhadap minyak, lemak dan pelarut, tidak berbau dan tidak beracun. Polivinil alkohol ini juga salah satu bahan baku dalam pembuatan polimer alam. Polivinil alkohol sangat mudah terdegradasi dan cepat larut. Titik lelehnya 230°C dan 180-190°C untuk bisa terhidrolisa sempurna.



**Gambar 2.8 Struktur Kimia Polivinil Alkohol**

Sumber: Yenni Afri (2012)

Secara ekperimental biodegradasi polimer polivinil alkohol dengan pati telah dipelajari, berdasarkan sifat termal dan biodegradasi dari beberapa bahan polimer berdasarkan polivinil alkohol, pati dan dengan adanya urea (sebagai sumber nitrogen mikroorganisme) (Tudorachi, 2000).

## 2.10 *Pelletizer*

*Pelletizer* adalah proses pencetakan pupuk urea yang sudah dihaluskan dan ditambahkan pelapis polimer alam yang sudah diiridiasi. Dibentuk menjadi partikel-partikel yang lebih besar (*pellet*) melalui proses mekanik yang dikontrol dengan kecepatan. Bahan yang berbentuk bubuk pupuk urea setelah dicampur pelapis polimer alam kemudian dimasukkan kedalam alat *pelletizer*. Pupuk urea yang sudah menjadi pupuk *pellet* urea lalu dikeringkan dibawah sinar matahari atau menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 60 menit agar pupuk urea *pellet* benar-benar kering.



**Gambar 2.9** Alat *Pelletizer*

## 2.11 *Bulk Density*

*Bulk density* adalah perbandingan berat pupuk kering dengan volume pupuk dan termasuk volume pori-pori pupuk, umumnya dinyatakan dalam  $\text{g/cm}^3$  atau  $\text{g/ml}$  (Hanafiah, 2007). *Bulk density* merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi *bulk density*, berarti makin sulit meneruskan air. *Bulk density* dipengaruhi oleh tekstur pupuk, struktur pupuk, jumlah air dan sifat lainnya. Pupuk dengan nilai *bulk density* yang kecil baik untuk lahan pertanian sebab *bulk density* yang kecil bahan organik yang dikandungnya akan semakin besar sehingga akan menyebabkan aerasi dalam pupuk tersebut menjadi lebih baik.

### **2.12 Durabilitas**

Durabilitas yaitu jumlah pupuk yang kembali dalam keadaan utuh setelah diaduk dengan mekanik (pneumatic). Definisi lain menjelaskan bahwa durabilitas pupuk adalah ketahanan partikel pupuk yang dirumuskan sehingga persentase dari banyaknya pupuk utuh setelah melalui perlakuan fisik dalam alat uji durabilitas terhadap jumlah pupuk semula sebelum dimasukkan kedalam alat. Durabilitas dinilai tinggi saat hasil perhitungan menunjukkan nilai lebih dari 80%, medium saat antara 70-80%, dan rendah saat kurang dari 70% (Tabil dan Sokhansanj, 1996).

### **2.13 Daya Serap Air**

Daya serap air adalah kemampuan pupuk menyimpan air secara normal bila pupuk tersebut direndam dalam air. Daya serap air suatu bahan dipengaruhi oleh keberadaan serat, karena sifat serat yang mudah menyerap air (Richana, 2004). Pada umumnya semakin tinggi sifat pengembangan pupuk maka semakin tinggi pula sifat daya serap air, dan begitu juga sebaliknya semakin rendah sifat pengembangan pupuk maka semakin rendah pula sifat daya serap airnya, umumnya dinyatakan dalam %.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Industri, Proses Radiasi, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Pasar Jum'at, Jakarta Selatan. Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan pada bulan 1 Februari – 30 April 2016.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. *Blender*
2. *Beaker Glass*
3. Timbangan Analitik
4. Spatula
5. Pipet ukur 10 ml + *Bulb*
6. *Agitator Laboratory*
7. *Hot Plate*
8. Alat uji *Brockfield Viscometer*
9. *Gamma Cell 220 – Upgrade*
10. Alat *Pelletizer*
11. *Oven*
12. *Erlenmeyer* 100 ml
13. Ayakan (*mesh* 16)
14. Saringan

Gambar alat dapat dilihat pada lampiran A.

### **3.2.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Pupuk Urea *Granul*
2. Pati
3. Oligokitosan
4. Akrilamida
5. Polivinil Alkohol
6. *Aquadest*

Gambar bahan dapat dilihat pada lampiran A.

### **3.3 Variabel**

Dua jenis variabel dalam penelitian pupuk *pellet* urea diantaranya :

#### **3.3.1 Variabel Tetap**

Variabel tetap merupakan variable yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bubuk pupuk urea 500 gram
2. Pati 25 gram
3. Oligokitosan 10 gram
4. Akrilamida 15 gram
5. Polivinil Alkohol 15 gram
6. *Aquadest* 435 gram
7. Dosis Radiasi Polimer Alam 10 kGy
8. Massa polimer alam 40 gram
9. Suhu *Hot Plate* 70°C
10. Waktu *Agitator Laboratory* 60 menit
11. Suhu Oven 60°C
12. Waktu Pengovenan 60 menit
13. Kecepatan alat *pelletizer* lambat

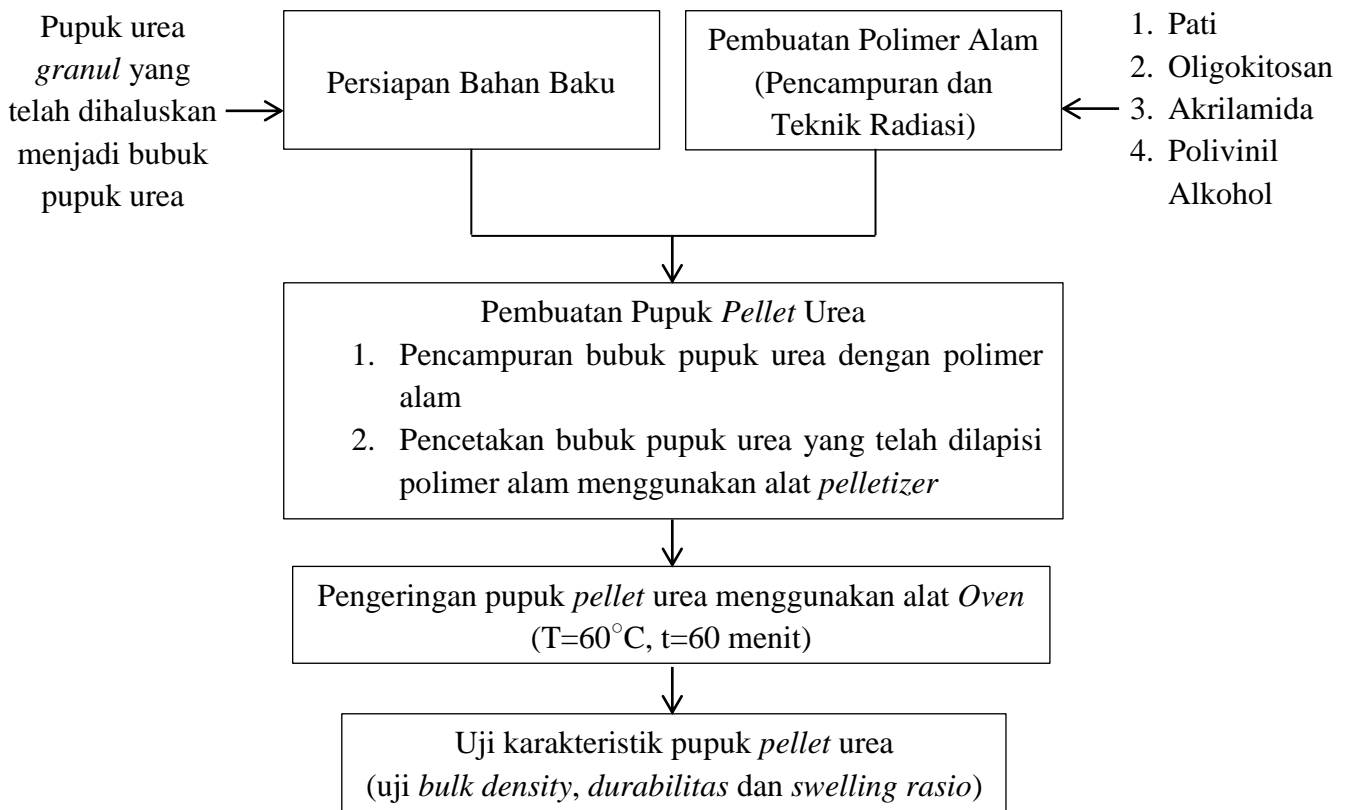
### 3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang divariasikan selama penelitian berlangsung. Bertujuan untuk mencari titik optimasi atau titik yang terbaik pada setiap penelitian. Variabel berubah yang digunakan yaitu :

1. Waktu perendaman uji daya serap air pupuk 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, dan 180 detik.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dapat dijabarkan dalam diagram proses keseluruhan penelitian sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian Pembuatan Pupuk *Pellet* Urea

### **3.5    Prosedur Pembuatan Pupuk *Pellet* Urea Dengan Lapisan Polimer Alam**

#### **3.5.1    Persiapan Bahan Baku**

Haluskan pupuk urea *granul* menggunakan alat *blender* hingga pupuk urea *granul* menjadi bubuk pupuk urea sebanyak 500 gram. Gambar bubuk pupuk urea dapat dilihat pada lampiran B.

#### **3.5.2    Pembuatan Polimer Alam**

1. Masukkan pati sebanyak 25 gram, oligokitosan 10 gram, akrilamida 15 gram, polivinil alkohol 15 gram, dan *aquadest* 435 gram kedalam *beaker glass*. Buat pelapis polimer alam sebanyak 3 (tiga) *sample*.
2. Panaskan polimer alam menggunakan *hot plate* pada temperatur 70°C. Selama pemanasan, polimer alam diaduk secara terus menerus selama 60 menit menggunakan alat *agitator laboratory* agar polimer alam tercampur sempurna. Kemudian dinginkan polimer alam hingga suhu polimer alam sampai dengan suhu kamar.
3. Uji Viskositas polimer alam sebelum di radiasi menggunakan alat *Brockfield Viscometer*. Uji viskositas dapat dilihat di lampiran D.
4. Masukkan polimer alam ke dalam plastik klip, kemudian radiasi polimer alam menggunakan alat *Gamma Cell 220 – Upgrade* dengan dosis radiasi sebesar 5 kGy, 10 kGy, dan 15 kGy.
5. Uji Viskositas polimer alam setelah di radiasi menggunakan alat *Brockfield Viscometer*. Uji viskositas dapat dilihat di lampiran D.
6. Sehingga didapat, dosis radiasi yang optimal untuk polimer alam sebagai pelapis bubuk pupuk urea yaitu sebesar 10 kGy.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran B

### **3.5.3 Pencampuran dan Pencetakan Pupuk Urea Dengan Lapisan Polimer Alam**

Pada penelitian ini, pembuatan pupuk *pellet* urea yang telah dilapisi polimer alam dicetak menggunakan alat *pelletizer*. Berikut merupakan tahapan pembuatan pupuk *pellet* urea yang telah dilapisi polimer alam:

1. Timbang bubuk pupuk urea sebanyak 500 gram.
2. Aduk bubuk pupuk urea sambil memasukkan polimer alam sedikit demi sedikit hingga rata/kalis. Sehingga didapatkan berat polimer alam yang tepat yaitu, 40 gr.
3. Cetak pupuk yang sudah dicampurkan polimer alam dengan alat *Pelletizer*, dengan kecepatan lambat dan kecepatan menengah.
4. Bandingkan hasil sifat fisik pupuk pelet urea dengan metode kecepatan lambat dan kecepatan menengah. Sehingga didapat, sifat fisik pupuk urea *pellet* yang optimal yaitu dengan kecepatan lambat.
5. Keringkan pupuk *pellet* urea menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 60 menit agar pupuk *pellet* urea benar-benar kering.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran B.

### **3.6 Uji Karakteristik Pupuk *Pellet* Urea**

Uji karakterisasi yang dilakukan pada pupuk *pellet* urea yang telah dilapisi polimer alam adalah uji *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air. Gambar proses uji karakterisasi dapat dilihat pada lampiran C.

#### **3.6.1 *Bulk Density* ASTM D1895**

Uji *bulk density* digunakan untuk mengetahui kekompakan bahan sehingga ikatan antara partikel penyusun pupuk urea menjadi lebih rapat. *Bulk density* ( $\rho$ ) dinyatakan dalam satuan massa pupuk urea per volume (g/ml). Analisa *bulk density* dilakukan sesuai metode ASTM D1895. Langkah pengujian *bulk density* adalah sebagai berikut:

1. Siapkan dan timbang *erlenmeyer* kosong.
2. Kemudian pupuk urea yang akan diuji dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* tersebut, lalu pupuk dimampatkan hingga mencapai volume konstan. Disarankan saat memampatkan pupuk *pellet* urea pada *erlenmeyer* tidak terlalu keras, agar tidak ada pupuk *pellet* urea yang hancur.
3. Timbang *erlenmeyer* yang telah berisi pupuk urea pada volume konstan, maka didapat massa pupuk urea. Massa pupuk urea = (berat *erlenmeyer* yang telah diisi pupuk urea pada volume konstan – berat *erlenmeyer* kosong).
4. Hitung nilai *Bulk Density* pada pupuk urea.

### **3.6.2 Durabilitas ASTM D3744**

Uji durabilitas digunakan untuk mengetahui kualitas fisik pupuk urea yaitu mengetahui persentase jumlah pupuk urea yang masih utuh setelah melalui perlakuan fisik dengan alat mekanik. Analisa durabilitas dilakukan sesuai metode ASTM D3744. Uji durabilitas pada penelitian ini menggunakan ayakan dengan *mesh* 16. Langkah pengujian durabilitas adalah sebagai berikut:

1. Timbang pupuk urea sebanyak 20 gram.
2. Lalu memasukkan pupuk urea yang ditimbang tersebut ke alat ayakan dengan *mesh* 16.
3. Goyangkan ayakan selama 30 menit.
4. Setelah pengayakan selama 30 menit, timbang pupuk urea yang masih utuh/tidak pecah.
5. Hitung nilai Durabilitas pada pupuk urea.

### **3.6.3 Daya Serap Air (DSA) ASTM D1322**

Uji daya serap air merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui daya penyerapan pupuk urea terhadap air saat pupuk urea terendam dalam air. Analisa daya serap air dilakukan sesuai metode ASTM D1322. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu :

1. Sediakan saringan dan sediakan wadah yang telah diisi dengan air.
2. Timbang pupuk urea sebanyak 20 gram. Lalu masukkan pupuk urea yang ditimbang tersebut ke saringan.
3. Kemudian rendam pupuk urea ke dalam wadah yang telah diisi dengan air selama 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, dan 180 detik.
4. Timbang pupuk urea yang tersisa pada saringan setelah pencelupan terhadap waktu selama 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, dan 180 detik.
5. Hitung nilai Daya Serap Air pada pupuk urea.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sifat pada jenis pupuk urea dapat dilihat pada tabel 4.1. Berdasarkan hasil uji sifat terhadap jenis pupuk urea yang dihasilkan, menunjukkan adanya perbedaan pada tiap hasil pengujiannya. Pada uji *bulk density* hasil densitas pada jenis pupuk urea menunjukkan adanya pengaruh polimer alam sebagai pelapis, dengan menurunnya nilai *bulk density*. Pada uji durabilitas menunjukkan kenaikan nilai durabilitas pada tiap jenis pupuk urea, dengan hasil maksimum nilai durabilitas 0,94 % pada pupuk *pellet* urea. Dan pada uji daya serap air, penambahan polimer alam akan meningkatkan nilai daya serap air dan memperlambat waktu perendaman pupuk urea terhadap air hingga pupuk urea larut sempurna terutama pada pupuk *pellet* urea.

**Tabel 4.1 Hasil Uji Sifat Pada Jenis Pupuk Urea**

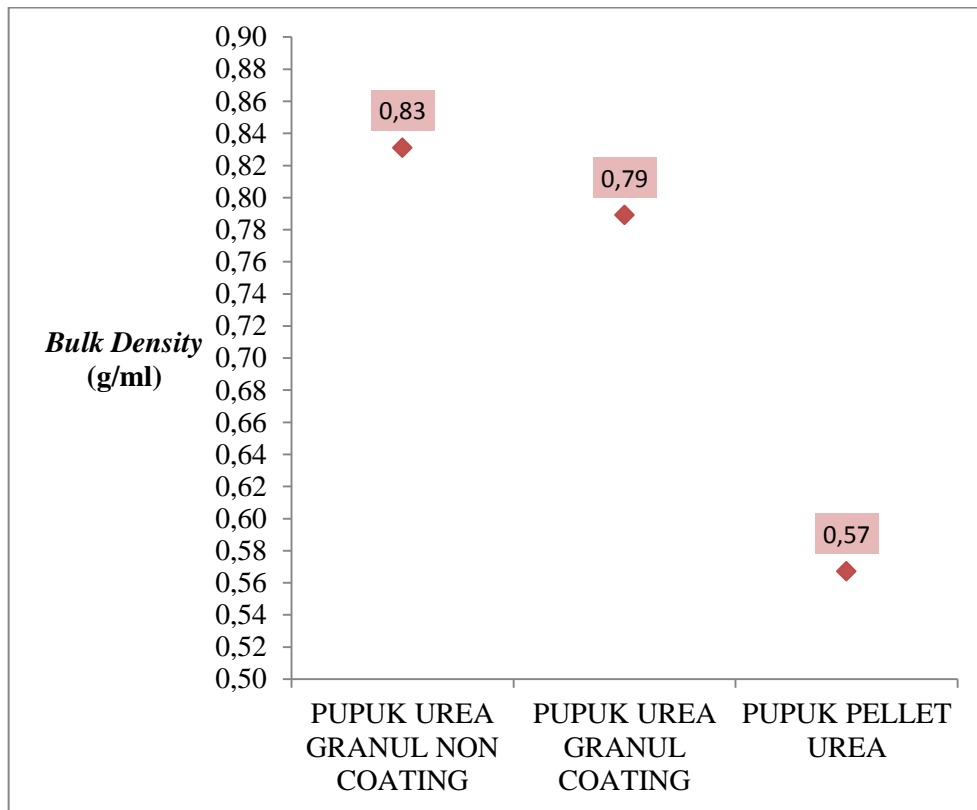
UJI SIFAT	JENIS PUPUK UREA		
	PUPUK UREA <i>GRANUL NON COATING</i>	PUPUK UREA <i>GRANUL COATING</i>	PUPUK <i>PELLET UREA</i>
<b><i>BULK DENSITY</i></b> (g/ml)	0,83	0,79	0,57
<b>DURABILITAS</b> (%)	0,60	0,65	0,94
<b>DAYA SERAP AIR</b> (%)			
5 detik	-38,20	1,60	25,67
10 detik	-87,73	-37,94	5,50
11 detik	-100,00	-	-
15 detik	-	-61,74	-1,12
20 detik	-	-86,68	-15,71
25 detik	-	-93,26	-34,61
29 detik	-	-100,00	-

**Tabel 4.1 Hasil Uji Sifat Pada Jenis Pupuk Urea (Lanjutan)**

UJI SIFAT	JENIS PUPUK UREA		
	PUPUK UREA <i>GRANUL NON COATING</i>	PUPUK UREA <i>GRANUL COATING</i>	PUPUK <i>PELLET UREA</i>
30 detik	-	-	-50,51
50 detik	-	-	-63,74
70 detik	-	-	-76,81
90 detik	-	-	-85,01
110 detik	-	-	-92,18
130 detik	-	-	-95,16
150 detik	-	-	-97,82
155 detik	-	-	-100,00

#### **4.1 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap *Bulk Density* Pada Jenis Pupuk Urea**

*Bulk density* adalah besar massa pupuk urea persatuan volume, umumnya dinyatakan dalam g/ml. *Bulk density* merupakan petunjuk kepadatan pupuk. Makin padat suatu pupuk maka makin tinggi *bulk density*, yang berarti makin sulit meneruskan air. Hasil uji *bulk density* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

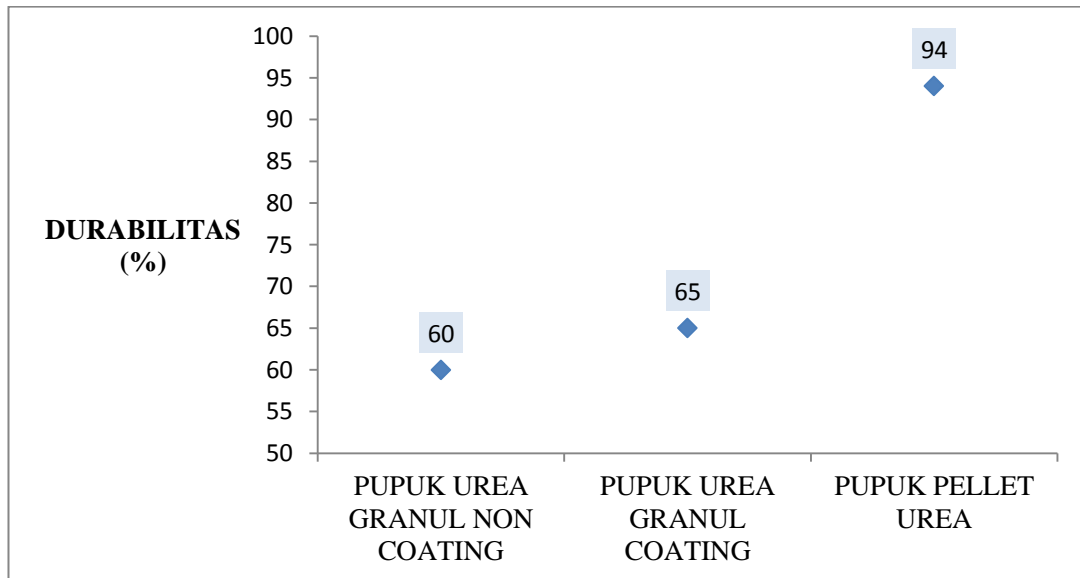


**Gambar 4.1 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap *Bulk Density* Pada Jenis Pupuk Urea**

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa pengaruh polimer alam sebagai pelapis dapat menurunkan nilai *bulk density* pada pupuk urea *granul coating* dan pupuk *pellet* urea. Hal ini dikarenakan lapisan polimer alam dapat memperbesar diameter pupuk urea *granul coating* dan pupuk *pellet* urea yang dihasilkan, sehingga semakin besarnya ukuran pada pupuk urea maka semakin kecil nilai *bulk density*. Pupuk dengan nilai *bulk density* yang kecil baik untuk lahan pertanian sehingga akan menyebabkan aerasi dalam tanah tersebut menjadi lebih baik. Hasil dari uji *bulk density* didapatkan nilai *bulk density* pupuk *pellet* urea sesuai dengan target penelitian yaitu sebesar 0,57 g/ml, lebih kecil daripada pupuk urea *granul non coating* sebesar 0,83 g/ml dan pupuk urea *granul coating* sebesar 0,79 g/ml.

#### 4.2 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Durabilitas Pada Jenis Pupuk Urea

Pada pengujian ini akan dilihat pengaruh lapisan polimer alam terhadap durabilitas pada jenis pupuk urea yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.

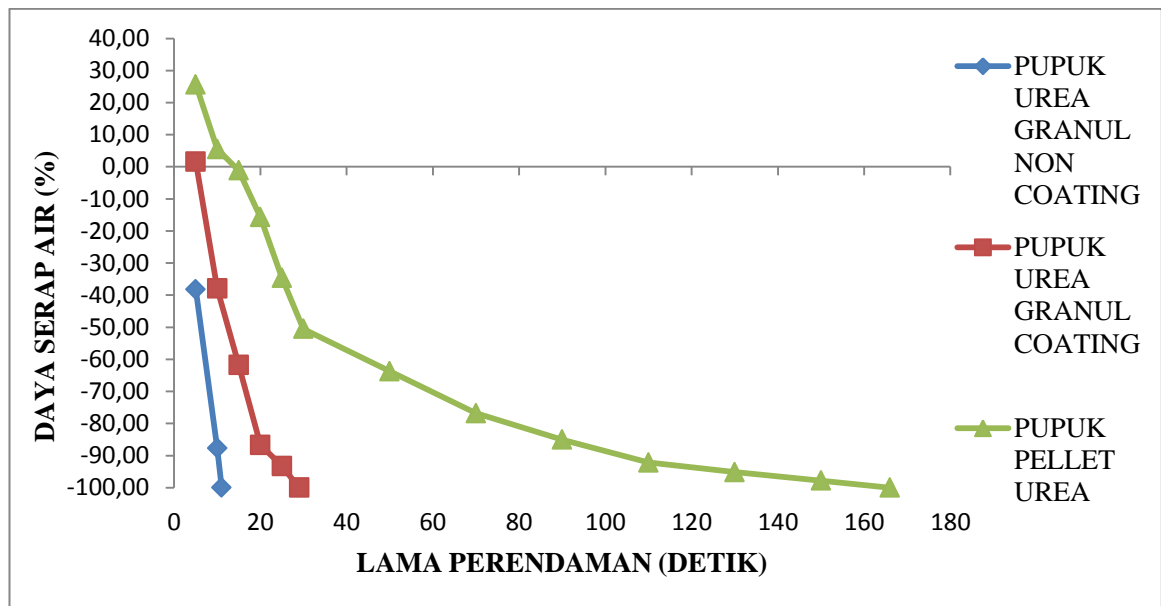


**Gambar 4.2 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Durabilitas Pada Jenis Pupuk Urea**

Hasil uji durabilitas menunjukkan bahwa penambahan polimer alam meningkatkan nilai durabilitas pada pupuk urea *granul coating* dan pupuk *pellet* urea. Hal ini dikarenakan polimer alam berfungsi sebagai pelapis pupuk urea yang dapat meningkatkan kualitas fisik pada pupuk urea. Sehingga jumlah pupuk urea yang masih utuh setelah melalui perlakuan fisik dengan alat mekanik semakin besar. Dari Gambar 4.2, didapatkan nilai durabilitas pada pupuk *pellet* urea diatas 80 % yaitu sebesar 94 %, lebih besar daripada pupuk urea *granul non coating* sebesar 0,60 %, dan pupuk urea *granul coating* sebesar 0,65 %.

### 4.3 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Daya Serap Air Pada Jenis Pupuk Urea

Uji daya serap air merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui daya penyerapan pupuk urea terhadap air saat pupuk urea terendam dalam air. Hasil pengaruh lapisan polimer alam terhadap daya serap air pada jenis pupuk urea dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Keterangan: nilai minus pada grafik menunjukkan banyaknya persentase pupuk yang hilang.

**Gambar 4.3 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Daya Serap Air Pada Jenis Pupuk Urea**

Pupuk urea *granul non coating* yang dihasilkan tidak memiliki nilai daya serap air, karena saat perendaman sebagian pupuk urea *granul non coating* larut dalam air dan waktu perendaman pupuk urea *granul non coating* hingga larut sempurna yang dimiliki sangat cepat yaitu selama 11 detik.

Pada pupuk urea *granul coating* telah memiliki nilai daya serap air, karena pengaruh lapisan polimer alam akan menyerap air saat perendaman pupuk urea *granul coating*. Penyerapan air terjadi pada waktu perendaman 5 detik dengan daya serap air sebesar 1,60 %. Waktu perendaman hingga pupuk urea *granul coating* larut sempurna lebih lama dibandingkan waktu larut pupuk urea *granul non coating* hingga larut sempurna yaitu selama 29 detik.

Sedangkan pada pupuk *pellet* urea memiliki nilai daya serap air tertinggi sebesar 25,67 % pada waktu perendaman 5 detik. Dan pada saat waktu perendaman 10 detik pupuk *pellet* masih memiliki nilai daya serap air sebesar 5,50 %. Hal ini dikarenakan lapisan polimer alam menyerap air saat perendaman pupuk *pellet* urea. Waktu perendaman yang dimiliki pupuk *pellet* urea hingga larut sempurna yaitu selama 155 detik, lebih lama dibandingkan waktu perendaman pupuk urea *granul non coating* dan pupuk urea *granul coating* hingga larut sempurna.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian uji sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air pada pupuk *pellet* urea yang dilapisi polimer alam dengan teknik radiasi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai *bulk density* pada pupuk *pellet* urea sebesar 0,57 g/ml.
- b. Nilai durabilitas pada pupuk *pellet* urea sebesar 0,94 %.
- c. Nilai daya serap air tertinggi pada pupuk *pellet* urea sebesar 25,67 % pada waktu perendaman 5 detik, pada waktu perendaman 10 detik pupuk *pellet* urea memiliki nilai daya serap air sebesar 5,50 % dan waktu perendaman yang dimiliki pupuk *pellet* urea hingga larut sempurna yaitu selama 155 detik.

#### **5.2 SARAN**

Saran yang dapat kami berikan agar pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pembuatan pupuk *pellet* urea dengan berbasis polimer alam dengan komposisi yang berbeda dengan teknik radiasi untuk mendapatkan kondisi optimal.

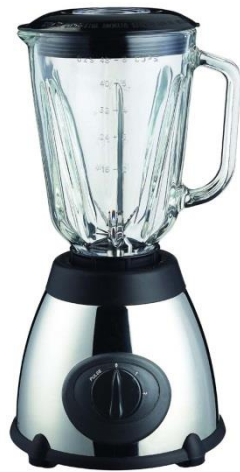
## DAFTAR PUSTAKA

- Charlesby A. 1960. *Atomic Radiation and Polymers*, Pergamon press. New York. 135-150.
- Goosen, M.FA. 1997. *Application of Chitin and Chitosan*, Technomic Publishing. Company, Inc, Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Hanafiah. 2007. *Dasar-dasar ilmu tanah*. Jakarta
- Kastono. 2005. *Pengaruh Nomor Ruas Stek dan Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kumis Kucing*. Jurnal Ilmu Pertanian, Vol.12 No.1, hal: 56-64.
- Prima. 2009. *Permasalahan pupuk dan langkah-langkah penanggulangannya di Indonesia*. Kementrian Sekretariat Negara Indonesia; Jakarta.
- Rekso GT. 2013. *Pengaruh Penambahan Akrilamida Terhadap Fraksi Padatan dan Nilai Sweeling Campuran CMC-Starch-Chitosan sebagai bahan pelapis pupuk*. Jakarta \*ppt.
- Rekso GT. 2013. *Pengaruh Penambahan Chitosan Pada Polivinil Alkohol Hidrogel yang dibuat dengan teknik iradiasi*. Jakarta \*ppt.
- Richana, N. Dan T. C. Sunarti, 2004. *Karakteristik sifat fisiokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubi kelapa dan gembili*. Jurnal Pascapanen, 1(1): 29-37.
- Shaviv, A.; Mikkelsen, R.L. 1993. *Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation—a review*, *Fertilizer Research*. 1–12.
- Shaviv A. 2005. *“Controlled release fertilizers” IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt. Germany*.
- Tabil, L., Jr., and S. Sokhansanj. 1996. *Process conditions affecting the physical quality of alfalfa pellets*. *Applied Eng. In Agric.* 12(3): 345-350.
- Tomaszewska, Maria.; Anna Jarosiewicz. 2003. *Polysulfone Coating with Starch Addition in CRF formulation*. *Desalination* (163) 247-252.

Tudorachi N, C N Cascaval. 2000. *Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as biodegradable Polymeric Materials*. *Polimer Testing* (19) 785-799.

Yenni Afri. 2012. "*Pembuatan Slow Release Fertilizer Dengan Menggunakan Polimer Amilum dan Asam Polyacrylic serta Polivinil Alkohol Sebagai Pelapis Dengan Menggunakan Metoda Fluidized Bed*". Laporan Tesis Program Pascasarjana Teknik Kimia Universitas Dipenogoro: Semarang.

**LAMPIRAN A**  
**GAMBAR ALAT DAN BAHAN**



**Gambar A.1 Blender**



**Gambar A.2 Beaker Glass**



**Gambar A.3 Timbangan Analitik**



**Gambar A.4 Spatula**



**Gambar A.5 Pipet Ukur**



**Gambar A.6** *Agitator Laboratory*



**Gambar A.7** *Hot Plate*



**Gambar A.8** *Brockfield Viscometer*



**Gambar A.9** *Gamma Cell 220 – Upgrade*



**Gambar A.10** *Alat Pelletizer*



**Gambar A.11 Oven**



**Gambar A.12 Erlenmeyer**



**Gambar A.13 Ayakan (Mesh 16)**



**Gambar A.14 Saringan**



**Gambar A.15 Pupuk Urea Granul**



**Gambar A.16 Pati**



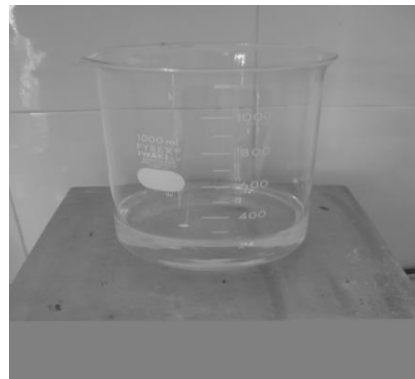
**Gambar A.17 Oligokitosan**



**Gambar A.18 Akrilamida**



**Gambar A.19 Polivinil Alkohol**



**Gambar A.20 Aquadest**

**LAMPIRAN B**  
**GAMBAR PROSES PEMBUATAN PUPUK *PELLET* UREA**



**Gambar B.1 Bubuk Pupuk Urea**



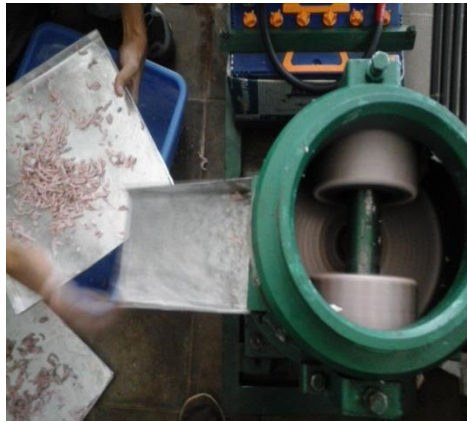
**Gambar B.2 Pengadukan Polimer Alam**



**Gambar B.3 Polimer Alam Berdosis Radiasi Sebesar 10 kGy**



**Gambar B.4 Pencampuran Bubuk Pupuk Urea dengan Polimer Alam**



**Gambar B.5 Pencetakan Pupuk Urea Menggunakan Alat *Pelletizer***



**Gambar B.6 Hasil Pupuk *Pellet* Urea Setelah di Cetak Menggunakan Alat *Pelletizer* dengan Kecepatan Lambat**



**Gambar B.7 Hasil Pupuk *Pellet* Urea Setelah Dikeringkan Menggunakan Oven**

**LAMPIRAN C**  
**GAMBAR PENGUJIAN PUPUK UREA**



**Gambar C.1** Proses Uji *Bulk Density*



**Gambar C.2** Proses Uji Durabilitas



**Gambar C.3 Proses Uji Daya Serap Air**

## LAMPIRAN D

### PERHITUNGAN HASIL PENELITIAN

- **Uji Viskositas**

Tujuan pengujian adalah untuk menentukan viskositas polimer alam. Pengujian viskositas pada polimer alam menggunakan alat *Brockfield Viscometer*. Berikut merupakan tahapan pengujian kekentalan polimer alam:

1. Polimer alam dimasukkan kedalam *beker glass*.
2. Pasang spindle pada alat *Brockfiled Viscometer* yang sesuai spesifikasi polimer alam kedalam *beker glass* yang telah diisi polimer alam. Spindle harus tidak menyentuh bagian bawah atau sisi *beker glass* dan harus berada pada pusat *beker glass*.
3. Tekan tombol SPDL, kemudian menekan angka SPDL Entry berdasarkan ukuran spindle yang digunakan.
4. Atur kecepatan rotasi, disarankan terlebih dahulu menggunakan kecepatan rotasi yang lebih lambat.
5. Menekan tombol auto zero.
6. Kemudian tekan tombol CPS (Centi Poise).
7. Hidupkan motor pada *Brockfiled Viscometer*, kemudian liat hasil pada monitor *Brockfiled Viscometer*. Jika hasil error, matikan motor lalu ubah RPM pada *Brockfiled Viscometer*, kemudian ikuti tahap 5-7 sampai didapatkan hasil pada monitor *Brockfiled Viscometer*.
8. Hitung viskositas polimer alam dengan cara megalikan hasil CPS dengan faktor finder. Faktor finder dapat dilihat di manual book *Brockfiled Viscometer*. Viskositas = (hasil CPS) x (faktor finder).

**Tabel D.1 Ukuran Spindel dan SPDL Entry**

UKURAN SPINDEL	1	2	3	4
SPDL ENTRY	61	62	63	64

**Tabel D.2 Faktor Finder**

RPM	FAKTOR FINDER			
	SPINDEL 1	SPINDEL 2	SPINDEL 3	SPINDEL 4
0.3	200	1000	4000	20000
0.6	100	500	2000	10000
1.5	40	200	800	4000
3	20	100	400	2000
6	10	50	200	1000
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100

**Tabel D.3 Hasil Uji Viskositas pada Polimer Alam**

NAMA SAMPLE	DOSI S (kGy)	UKURA N SPINDLE	SPINDE L ENTRY	RP M	NILA I CPS	FAKTO R FINDER	NILAI VISKOSITA S
POLIME R ALAM	0	2	62	60	446	5	2230
	10	3	63	30	3060	40	122400

Keterangan: 0 kGy menandakan sampel sebelum diradiasi.

- **Rumus *Bulk Density***

Nilai *Bulk density* pada pupuk urea dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :  $\rho$  = *Bulk Density* (g/ml)

m = massa pupuk urea (g)

v = volume konstan pupuk urea (ml)

**Tabel D.4 Hasil Uji *Bulk Density* pada Pupuk Urea**

JENIS PUPUK UREA	BERAT ERLLENMEYER KOSONG 100mL (g)	VOLUME PUPUK UREA (mL)	BERAT (ERLENMEYER + PUPUK UREA) (g)	BULK DENSITY PUPUK UREA (g/ml)
PUPUK UREA GRANUL NON COATING	50,2	100	133,6	0,83
	58,2	100	141,2	0,83
	58,0	100	140,8	0,83
RATA-RATA	55,5	100	138,5	0,83
PUPUK UREA GRANUL COATING	50,2	100	129,2	0,79
	58,2	100	136,6	0,78
	58,0	100	137,2	0,79
RATA-RATA	55,5	100	134,3	0,79
PUPUK <i>PELLET</i> UREA	50,2	100	106,7	0,57
	58,2	100	115,2	0,57
	58,0	100	114,6	0,57
RATA-RATA	55,5	100	112,2	0,57

- **Rumus Durabilitas**

Nilai durabilitas pada pupuk urea dihitung dengan rumus:

$$\text{Durabilitas} : \frac{m_1}{m_2} \times 100 \%$$

Dimana :  $m_1$  = massa pupuk urea yang utuh (g)

$m_2$  = massa pupuk urea sebelum pengayakan (g)

**Tabel D.5 Hasil Uji Durabilitas pada Pupuk Urea**

JENIS PUPUK UREA	LAMA PENGAYAKAN (menit)	BERAT AWAL (gram)	SETELAH PENGAYAKAN	DURABILITAS (%)
			BERAT TINGGAL (gram)	
PUPUK UREA GRANUL NON COATING	30	20	12,0	60
PUPUK UREA GRANUL COATING	30	20	13,0	65
PUPUK <i>PELLET</i> UREA	30	20	18,8	94

- **Rumus Daya Serap Air**

Nilai daya serap air pada pupuk urea dihitung dengan rumus:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$

Dimana :  $m_1$  = massa pupuk urea basah (g)

$m_2$  = massa pupuk urea kering (g)

**Tabel D.6 Hasil Uji Daya Serap Air pada Pupuk Urea**

JENIS PUPUK UREA	WAKTU PENCELUPAN (Detik)	BERAT AWAL (g)	BERAT AKHIR (g)	DAYA SERAP AIR
PUPUK UREA GRANUL NON COATING	5	20	12,3595	-38,20
	10	20	2,4547	-87,73
	11	20	0	-100,00
<hr/>				
PUPUK UREA GRANUL COATING	5	20	20,3197	1,60
	10	20	12,4125	-37,94
	15	20	7,6529	-61,74
	20	20	2,6642	-86,68
	25	20	1,3483	-93,26
	29	20	0	-100,00
<hr/>				
PUPUK <i>PELLET</i> UREA	5	20	25,1348	25,67
	10	20	21,1005	5,50
	15	20	19,7767	-1,12
	20	20	16,8582	-15,71
	25	20	13,0785	-34,61
	30	20	9,8978	-50,51
	50	20	7,2525	-63,74
	70	20	4,6378	-76,81
	90	20	2,9974	-85,01
	110	20	1,5635	-92,18
	130	20	0,9675	-95,16
	150	20	0,4356	-97,82
166	20	0	-100,00	